

Himmel und Erde

Gesellschaft Urania

Himmel und Erde.

Illustrierte naturwissenschaftliche Monatsschrift.

Himmel und Erde.

Illustrierte naturwissenschaftliche Monatsschrift.

Herausgegeben

von der

GESELLSCHAFT URANIA ZU BERLIN.

Redakteur: **Dr. M. Wilhelm Meyer.**

IX. Jahrgang.

BERLIN.
Verlag von Hermann Paetel.
1897.

Verzeichnis der Mitarbeiter

am IX. Bande der illustrierten naturwissenschaftlichen Monatsschrift „Himmel und Erde".

Inhalt des neunten Bandes.

Essais.

Seite

Mitteilungen.

Bibliographisches.

Den mit einem * versehenen Artikeln sind erläuternde Abbildungen beigegeben.

Namen- und Sachregister

zum neunten Bande.

Himmel und Erde.

Mauna Loa und Kilauea im April 1896.

Reisebrief von **Benedict Friedlaender** aus Berlin.

Als ich im Februar nach Hawaii abreiste, versprach ich Ihnen, einen kurzen Bericht über den gegenwärtigen Zustand des Kilauea zu senden; ein glücklicher Zufall, wie er mich schon so oft bei Vulkanbeobachtungen begünstigte, setzt mich nun aber in den Stand, mehr zu geben, als ich versprochen: ich habe den Gipfelkrater des Mauna Loa,[1]) den Mokuaweoweo in Thätigkeit gesehen!

Am 25. Februar verliefs ich Europa, am 28. März langte ich in Honolulu, am 4. April auf Hawaii an; am 20. April, als der Feuerschein und die Vulkanwolke den Bewohnern von Hawaii das seltene Ereignis verkündeten, befand ich mich am Südabhange des Riesenvulkans; am 26. April nachmittags erreichte ich als erster Besteiger während dieser kurzen Thätigkeitsperiode den Kraterrand und erblickte vielleicht das grofsartigste vulkanische Schauspiel, das unsere Erde bietet; drei Tage nach uns erreichte noch eine Partie den Mokuaweoweo von der Südostseite aus; eine dritte Partie endlich scheiterte infolge Nebels und ungeschickter Führung; und dann — war die Lava verschwunden.

Werfen wir aber zuerst einen flüchtigen Blick auf die Veränderungen im Kilaueakrater seit Ende 1893. Der sekundäre Krater — wir setzen hier die im vorigen Jahrgang von „Himmel und Erde" gegebene Beschreibung des Kilauea als bekannt voraus — war seit Anfang 1894 ganz ausgefüllt, und die über den Wall des Feuersees fliefsende Lava ergofs sich auf den Boden des primären Kraters. Nach einer Mittei-

[1]) Bekanntlich der gröfste thätige Vulkan unseres Planeten.

lung des Landesvermessers Frank S. Dodge im Vulkanhausbuche ist das Niveau der Lava vom August 1892 bis März 1894, also in 19 Monaten, um 447 englische Fufs gestiegen. — Nach einer anderen Mitteilung im Vulkanbuche erhob sich am 21. März 1894 ein grofses Stück des nördlichen Seerandes um etwa 100 Fufs innerhalb eines Zeitraumes von nur 5 Minuten. Derselbe anscheinend zuverlässige Beobachter erwähnt auch eine beträchtliche Vermehrung des gewöhnlich so äufserst spärlichen Dampfes. Am 18. April begann die am 21. März gehobene Partie des nördlichen Seerandes zu sinken. Am 11. Juli 1894 war diese Partie wieder auf dem gleichen Niveau mit den anderen Stellen des Seerandes. Die erste grofse Veränderung fand am 11. Juli 1894 statt: Um 10 Uhr vormittags war die Lava 50 Fufs, um 8 Uhr abends schon 250 Fufs und um 9 Uhr abends 270 Fufs unter den Rand gesunken. Diese Tiefen sind angeblich mit einem Seil gemessen worden. Am nächsten Tage, am Morgen des 12. Juli 1894, fand um 2 Uhr morgens am Vulkanhause ein Erdbeben statt. Von nun an blieb das Niveau der Lava tief; am 6. Dezember 1894 verschwand sie während der Nacht gänzlich und kam erst am 3. Januar 1896, also nach 13 Monaten wieder zum Vorschein.[2] Einen Tag vorher soll sich der Dampf bedeutend gelichtet haben, wie ich bemerkte, infolge Steigens der Temperatur. Bei weitem das Merkwürdigste bei dem Wiedererscheinen der Lava scheint mir der Umstand zu sein, dafs die Lava nicht am Boden der Grube, die durch das Sinken des Lavaspiegels entstanden war (oder des „sekundären Kraters" nach unserer Ausdrucksweise) zu Tage trat, sondern etwa 300 Fufs über dem tiefsten Punkte; sie ergofs sich aus einer seitlichen Öffnung und stürzte auf den Boden des sekundären Kraters, um dort einen Feuersee zu bilden, der aber nur bis zum 28. Januar 1896 existierte; an diesem Tage verschwand die Lava von neuem. Diese Notizen sind sämtlich dem Buche entnommen, in das die Besucher des Kilauea im Vulkanhotel ihre Beobachtungen einzutragen pflegen. — Ich erreichte den

[2]) Der Bericht, den ich hier an Ort und Stelle erhielt, widerspricht der in meinem Kilauea-Aufsatze gegebenen Darstellung insofern, als das Sinken des Lavaspiegels und ein Einbruch der Umgebung allerdings im Juli 1894 stattfand, die Lava aber noch beinahe ein halbes Jahr hindurch sichtbar blieb. Erst vom Dezember 1894 an war der neue sekundäre Krater „ein steiler, trümmererfüllter Schlund ohne Lava." — Wie schon damals angegeben, mufste und mufs ich mich auch jetzt auf fremde Berichte verlassen; ich zweifle aber nicht im geringsten daran, dafs die Notizen im Vulkanbuche korrekt und demgemäfs jene aus Zeitungen geschöpfte Mitteilung entsprechend zu verbessern ist.

Kilauea am 5. April 1896 und kann meine Wahrnehmungen sehr kurz zusammenfassen, da recht wenig zu sehen war. An der Stelle des Sees von 1893 befand sich eine ungefähr kreisrunde Grube mit fast senkrechtem Absturze, also ein (neuer) sekundärer Krater. Er war *gröſser*, als der *See* gewesen war, weil nämlich während und nach dem Sinken des Lavaspiegels ansehnliche Partieen des Randes abgebrochen und hinabgestürzt sind; der gegenwärtige sekundäre Krater ist aber beträchtlich *kleiner als derjenige vom Herbst 1893*. Der Rand des letzteren ist durch keinen Niveauunterschied, wohl aber durch eine stellenweise sehr frappante Linie gelblicher Sublimationen markiert.

Am Nordrande stehen drei neue „blowcones“, der höchste nach meiner Schätzung ungefähr 3—4 m hoch. Der Dampf ist viel reichlicher, dicker und weiſslicher als der Rauch, der Ende 1893 aus dem See aufstieg; er verhindert den Blick auf den Boden vollständig, doch scheint die Tiefe sehr beträchtlich zu sein. Am Nordrande befindet sich eine Terrasse, die zur Not zugänglich wäre, wenn der Rauch, der stark nach Schwefeldioxyd riecht, es zulieſse; an allen anderen Stellen ist der Absturz, soweit er durch den Rauch sichtbar ist, so ziemlich senkrecht. Jene Terrasse ist *vermutlich* jener vorher erwähnte Teil des sekundären Kraterrandes, der sich anfangs so plötzlich gehoben und dann wieder gesenkt hatte, — jetzt demnach weit *unter* das Niveau des sekundären Kraterrandes.

Von Lava oder Feuerschein war keine Spur bemerkbar; nur eine Spalte am Nordrande des sekundären Kraters war gerade heiſs genug, um einen Stock in einiger Zeit zu entzünden.

Die Enttäuschung der Kilaueabesucher war groſs; ich selbst hatte zwar den Vorteil, den Kilauea diesmal in einem ganz anderen Stadium zu sehen als 1893, war aber dennoch wenig zufrieden: Ein groſses Loch, dessen Boden und Einzelheiten in wogenden Dampfmassen verborgen blieben — das war der sekundäre Krater im April 1896. — Ich konnte nicht ahnen, welch reicher Ersatz mir zu teil werden sollte, als ich von Hilo aus über Puna, d. h. über Südost-Hawaii nach Kau (Süd-Hawaii) ging, in der Absicht, eine Rundreise um die ganze Insel zu unternehmen; eine Rundreise, bei der man eine *sehr* deutliche Vorstellung von der ansehnlichen Gröſse jenes „Pünktchens“ im groſsen Ozean erhält. Und dennoch handelt es sich bei fast einem Drittel der ganzen Reise nur um die Umwandlung des kolossalen Mauna Loa, des wundersamen Berges, der trotz seiner gewaltigen Höhe (4170 m) kein rechter Berg ist, da seine Gesamtneigung auf

keiner Strecke von einiger Länge 7° überschreitet. Man wandert oder reitet meilenweit an seinem Abhange, ja über seine Lavaströme aus diesem Jahrhundert, ohne den „Berg" überhaupt zu Gesicht zu bekommen; und an den Stellen, wo man ihn, d. h. sein Gipfelplateau ausnahmsweise erblickt, da sieht er wie ein ganz flacher, sehr langgestreckter, schildförmig gewölbter Hügel aus, den der Unkundige gar leicht auf 400 m anstatt auf über 4000 m Höhe schätzen würde. Die Breitendimensionen des Mauna Loa lassen sich deswegen nicht nach allen Richtungen angeben, weil er im Südosten mit dem Kilauea (1250 m), im Nordosten mit dem Mauna Kea (4208 m), im Nordwesten mit dem Hualalai (2522 m) zusammengewachsen ist. Genau genommen, kann man daher nur im Westen und im Süden von einem Abhange reden, der in der ganzen Länge bis zum Meere dem Mauna Loa ausschliefslich angehört. Die Entfernung vom Centralkrater Mokuaweoweo zum Südkap Hawaiis beträgt 58 km, zur Westküste 32 km, zum Ostkap 64 km, zum Hualalai und zum Mauna Kea je 40 km; alle diese Zahlen sind nur ungefähr richtig, geben aber jedenfalls eine hinreichende Vorstellung von der Ausdehnung des Mauna Loa-Massivs. Die drei grofsen Vulkane bilden ein fast gleichseitiges Dreieck, und ihre zusammengeflossenen Abhänge umschliefsen eine grofse Hochebene.

Am Morgen des 21. April 1896 ritt ich von Waiohinu am Südabhange des Mauna Loa in etwa 250 m Höhe in der Richtung auf die Westküste, als mir eine grofse, schneeweifse Haufenwolke auffiel, deren Lage auf den unsichtbaren Gipfel des Mauna Loa hinzudeuten schien. Die anderen Wolken und Dunstmassen, die den Abhang des Berges nur zu oft bedecken, erhoben sich und verdeckten den Blick auf jenes Wolkengebilde, ehe ich Genaueres bestimmen konnte. Nach einiger Zeit war der Ausblick wieder frei, und die Wolke wieder zu sehen — in der Richtung des Mauna Loa-Gipfels. Sollte ich wirklich das Glück haben? — Am Nachmittage langte ich in Honomalino an — meine erste Frage war nach dem Mauna Loa. Ja, schon am frühen Morgen des 21. April, vor Tagesanbruch war heller Feuerschein gesehen worden. Ich telephonierte nach allen in Betracht kommenden Stationen — es war richtig! Bald nach Sonnenuntergang sah ich dann selbst den Feuerschein fern im Nordosten, anfangs blutrot, dann mit dem Vorschreiten der Dunkelheit heller und heller werdend. Ich war so erregt, dafs ich meine Karte anfangs falsch orientierte und erst nach einiger Zeit meines Irrtums gewahr wurde — die Kompafspeilung ergab, dafs Mokuaweoweo in der Richtung des Feuerscheins lag.

Eine Mauna Loa-Besteigung ist auch jetzt noch eine Expedition, die **nicht** ganz einfach ist. Fast alle Besteiger gehen oder reiten vielmehr von der Südostseite hinauf; auch ich hatte bereits im November 1893 den Centralkrater vom Kilauea aus erreicht — von dort aus war ich sicher hinaufgekommen; aber ich kam ja von dort, und ich mochte nicht den langen Weg — 2—4 Tagereisen — zurückreiten. Zwar zeigte die Karte im Westen einen breiten Waldgürtel, und die hawaiischen Wälder sind schlimm; nötigenfalls aber war, wie ich gehört hatte, dem Mauna Loa jedenfalls von Nordwesten aus beizukommen. Ich ritt daher weiter. Ein portugiesischer Kaffeepflanzer, Herr **John Gaspar**, der in ca. 300 m Höhe am Westabhange lebt und mit dem ich Beziehungen habe, mufste Näheres über die Zugänglichkeit des Gipfels wissen — am 22. April kam ich in tiefer Dunkelheit an seinem Hause an. Herr **Gaspar** hatte selbst Lust, an der Besteigung teilzunehmen; zwei Tage vergingen mit telephonischer Beschaffung eines Führers und den übrigen Vorbereitungen; am frühen Morgen des 25. April brach unsere Karawane auf, bestehend aus dem erwähnten Herrn **Gaspar**, einem chinesisch-hawaiischen Mischling als Führer, einem jungen Hawaiier, meinem Begleiter und mir. Alle waren zu Pferde, und aufserdem wurde ein Packpferd und ein Maultier, — dieses zunächst unbeladen — mitgenommen. Der einzige, der den Mokuaweoweo schon einmal erreicht hatte, war ich selbst, aber von der entgegengesetzten Seite; der Führer gab an, einen Pfad durch den Wald bis zu dessen oberer Grenze zu kennen und sich auch etwas oberhalb derselben herumgetrieben zu haben. Die Unternehmung war ein wenig abenteuerlich und gewagt, umsomehr, als ich seit mehreren Tagen ziemlich unwohl war. Die Hauptstücke der Ausrüstung waren der photographische Apparat, ein altes wohlgereinigtes, etwa 20 Liter enthaltendes metallenes Petroleumgefäfs zum Wassertransport und eine grofse Zahl von Pferdedecken zum menschlichen Gebrauch. —

Wir ritten fast genau ostwärts auf schmalem Pfade, der uns bald in eine Art Wald führte; seine unteren Partieen waren vom Rindvieh stark gelichtet — wie lange wird es dauern, bis die hawaiischen Wälder, wie die hawaiischen Vögel und die hawaiischen Menschen fortcivilisiert sind? Immerhin war der Wald auch schon in seiner unteren Partie sehr schön; ganz kolossale Baumfarne, die Koa-Akazie, die kletternden Pandanaceen, kurz die für Hawaii charakteristischen Waldpflanzen stehen hier auf grasigem Boden in ziemlicher Entfernung von einander und machten einen parkartigen Eindruck. Bald aber

wird der Wald dichter und dichter. Die Koa erreichen die Höhe unserer höchsten Waldbäume; der allgegenwärtige Ohia-Lehua (metrosideros), ja sogar vereinzelte Sandelholz-Bäume, die sonst ganz ausgerottet sind, Sträucher verschiedener Art schliefsen sich enger an einander. Der Wind rauscht in den Kronen der Koabäume, Rofs



Vegetationsbild auf Hawaii.
Aufgenommen von Dr. B. Friedlaender.

und Reiter verschwinden im Farnkraut, die langen Ranken der Zweige der hawaiischen Brombeere mit ihren grofsen rötlich-schwarzen, verlockenden aber etwas bitteren Beeren, reifsen Gesicht und Hände blutig; feuchtwarmer Dunst steigt auf — der hawaiische Urwald, noch unberührt, wie in alter Zeit, ein Bild üppigsten Lebens, am Abhange des gröfsten thätigen Vulkans der Erde, in dessen Gipfelkrater der weifsglühende flüssige Basalt brodelt.

Der Pfad ist fast unerkennbar; Farne und Gebüsch schlagen über uns zusammen, wir versinken oft fast in aufgeweichtem Humus; niedergestürzte Koastämme verursachen Schwierigkeit und Aufenthalt; aber wir kamen vorwärts, nicht schnell, aber stetig, und nach einigen Stunden wurde der Wald dünner, die Koabäume kleiner und die Humusdecke niedriger, stellenweise tritt die nackte Lava hervor. Wir erreichen eine Hütte, die einem Bekannten unseres Führers gehörte und in der sich ein primitiver „camping outfit“ in Form eines Leinwandzeltes vorfand; wir nahmen das Ding auf seine Verantwortung ohne weiteres mit; besser unter dem Zelt als in einer Lavahöhle. Nach kurzer Rast ging es weiter. Die hawaiische Haide ersetzte bald den Wald. Der haidekrautartige Cyathodes Tammeiameiae, Preifselbeeren, Ohiabäumchen von 1—3 m Höhe — dazwischen der nackte Fels mehr und mehr hervortretend. Diese hawaiische Haide bedeckt viele Quadratmeilen am Abhange der thätigen Vulkane; man findet sie stellenweise bis hart zum Meeresniveau hinabreichend; sie ist kein Erzeugnis der niedrigen Temperatur der Höhen, sondern des Humusmangels; sie besteht aus den Pflanzen, die als die ersten Vorstufen organischen Lebens die Lava bedecken. Die Baum- und Vegetationsgrenze auf Mauna Loa hängt anscheinend überhaupt nur von dem durchschnittlichen Alter und Verwitterungsgrad der Lava ab; sie ist nirgends scharf. Die ganz ungefähre obere Grenzlinie des dichten Waldes kann am Westabhange auf etwa 1400 m veranschlagt werden. Verkrüppelt aussehende, niedrige Metrosideros und Haidevegetation gehen bis etwa 2500 m; bei 3000 m kann man schon kaum mehr von Haide reden, so vereinzelt stehen die niedrigen Pflänzchen auf der Lava; und von 3500 m ab ist man in einer vollständigen Felswüste.

Wir banden die Pferde in ca. 2200 m Höhe an, wo sie noch etwas Gras finden konnten, luden unser Gepäck auf das Maultier und gingen von nun an zu Fufs. Feiner Regen und Nebel hielt uns zeitweilig auf, und zu meinem Bedauern mufsten wir schon in ca. 2550 m unser Zelt aufschlagen. Gegen Sonnenuntergang klärte es sich auf, bis auf die Vulkanwolke, eine hohe, dichtgeballte Haufenwolke mit langem, dünnem, bläulichem Stiel, weifsglänzend im Scheine der Nachmittagssonne, scheinbar nicht weit. Nach Sonnenuntergang wurde es kühl, wir machten aus trockenen Zweigen des Cyathodes und der Ohelobeere ein grofses Feuer; vorzüglicher Konakaffee, am Abhang desselben Vulkans gewachsen, Konserven und einheimisches Guavengelee thaten wohl. Der Stiel der Vulkanwolke färbte sich rot; der

Wiederschein der Lava erleuchtete bald die ganze Wolke mit hellem, gelbrotem, ruhigem und gleichmäfsigem Lichte; eine gigantische feurige Dampf-Pinie, beständig langsam ihre Form ändernd, in kalter, klarer Mondnacht, auf Lavawüste und spärlicher öder Haide — ein wunderbarer Anblick, unvergleichlich und unvergefslich. Die Nacht brachten wir trotz der Kühle erträglich zu; am frühen Morgen holte ich bei ungünstiger Beleuchtung nach, was ich des Abends bei gutem Lichte versäumt hatte: ich nahm die Vulkanwolke auf; dann wurde gefrühstückt, das Maultier beladen, und es ging vorwärts; sehr all-



Zeltlager der Expedition.
Nach einer Photographie von Dr. B. Friedlaender.

mählich, aber stetig verschwindet die Vegetation. Da die Steigung des Vulkans nach oben zu abnimmt, sehen wir seinen Gipfel nie, stets wird das Gesichtsfeld von einem näheren oder ferneren Fladenlavahügel begrenzt: und wenn man seine Höhe erreicht, so erblickt man dahinter eine neue Terrasse. Trotz der geringen Steigung ermüdet die Wanderung den jungen Hawaiier und meinen Begleiter, die beide das Bergwandern nicht gewohnt waren, so stark, dafs wir nur langsam an Höhe gewinnen. Von Mittag an wurde wohl ein Dutzend Mal die Linie, die unser Gesichtsfeld bergwärts jeweilig begrenzte, von einem meiner Begleiter für den Kraterrand gehalten — mein unerbittliches Aneroid fiel aber nur langsam, sehr langsam. Nebel und Regen bedeckte zeitweilig unseren Wegweiser, die Vulkan-

wolke; Blocklavaströme, fast ungangbar für das Maultier und für unsere Stiefel äufserst verderblich, zwangen uns zu einem beträchtlichen Bogen nordwärts, und einmal nötigte uns der Nebel zum Halten. Zum Glück dauerte es nicht lange; hinter und zwischen den wehenden Nebeln leuchtete die Vulkanmasse auf —: „Kela mea nui ka Pele" — „das grofse Ding da ist die Pele" (Vulkangottheit), sagte der Führer; wir verbesserten unseren Kurs — Kurs sage ich; denn Herr Gaspar, ein ehemaliger Seemann, bezeichnete den Führer nie anders als den „pilote", d. h. Lotsen. — Fladenlava und Blocklava,



Blick nach Westen vom zweiten Zeltlager in 4100 m Höhe.
Aufgenommen am 27. April 1896 von Dr. B. Friedlaender.

endlos, eine schauerliche und vollständige Wüste umgab uns; zahllose Stellen sind hohl und mahnen zur Vorsicht, von Rissen und Spalten nicht zu reden. Bei etwa 3600 m sehen wir ein trigonometrisches Signal, eine Steinpyramide mit Stock — ein wohlthuender Eindruck; eine Spur von Menschen, die vor uns jene Einöde betreten haben. 3800 m — und kein Endel Immer dasselbe; zwei von uns waren bedenklich ermattet, häufige Rasten waren nötig.

„Die Linie vor uns ist nun aber der Kraterrand —" nein, erst 3940 m, nach Angabe des Aneroids. Endlich war die 4000 Meter-Linie überschritten, von mir vielleicht zum 20sten, von allen übrigen Teilnehmern zum ersten Male in ihrem Leben, endlich; aber für

unser Maultier war nach einer weiteren halben Stunde der Weg zu Ende — die schlimme Blocklava umgab uns von allen Seiten; und bei dem jungen Hawaiier und meinem Begleiter waren die Kräfte ganz zu Ende. — Was war das? Ein leises Plätschern, halb verweht vom Winde; da wieder — kein Zweifel, das war das Rauschen der Lavafontänen im Krater. Wir mufsten etwa 4100 m Seehöhe haben; über dem nächsten Rand, den meine Begleiter wie gewöhnlich mit Bestimmtheit für den Rand des Mokuaweoweo hielten, stieg scheinbar ganz nahe eine schmale, im auffallenden Lichte, bläuliche, im durchfallenden Lichte aber bräunliche Säule dünnen Rauches auf, die oben in grofser Höhe in eine grofse, dichte, weifse Haufenwolke überging — wir mufsten ganz nahe sein; das Licht war gut; die beiden Bergkranken wurden mit dem Maultiere und der Anweisung zurückgelassen, das Zelt aufzuschlagen; wir drei aber gingen ohne Aufenthalt weiter, nur mit dem photographischen Apparat beladen. Der zuletzt erwähnte Rand war bald erreicht, — dahinter tauchte wieder eine neue Grenzlinie auf; es war fast ebenes Land, aber fast alles Blocklava; ich ging so schnell, wie das schauderhafte Gestein es zuliefs, weiter, den andern zweien voraneilend; diese Grenzlinie war nun wirklich der Kraterrand: nach ein paar Schritten sah ich weit hinaus, über eine Lücke die gegenüberliegende Kraterwand; noch zehn Schritt, und ich stand am Rande des Mokuaweoweo. Auf der gegenüberliegenden Kraterwand einige Schneestreifen und im Kraterboden zwei hohe, rauschende, hellgelbrote Fontänen — das war der erste Eindruck.

Der Mokuaweoweo ist leicht zu beschreiben, wenn man den Kilaueakrater als bekannt voraussetzen darf. Ja, die Übereinstimmung in fast allen wesentlichen und sogar in manchen anscheinend unwesentlichen Zügen ist so weitgehend, dafs ein blofser Zufall fast ausgeschlossen erscheint. Das Areal des Mokuaweoweo ist etwas kleiner als dasjenige des Kilauea; er ist schmaler, länger und tiefer und daher an sich, auch abgesehen von der Thätigkeit und der erhabenen Grofsartigkeit der Umgebung, viel imponierender. Sein längster Durchmesser verläuft ungefähr von NO nach SW — wie beim Kilauea. Die fast überall senkrechten oder beinahe senkrechten Wände gleichen denen des Kilauea. Der hinterste Punkt befindet sich im nordwestlichen Rande — entsprechend dem Uwekahuna am Kilauea, der ja gleichfalls an dessen nordwestlichem Rande liegt. Im Nordosten und im Südwesten befinden sich Terrassen, die an jenen Stellen den Abstieg ermöglichen — wie beim Kilaueakrater; freilich sind die Terrassen

beim Centralkrater viel ausgeprägter als beim Kilauea, namentlich im SW, wo die Kilaueakraterwand nur aus Schutthalden besteht. — Die thätige Stelle lag im südwestlichen Teile des Mokuaweoweo; und auch der „Halemaumau" im Kilauea, das „ewige Haus" der Vulkangöttin Pele, befindet sich seit unserer Kenntnis vom Kilaueakrater in dessen südwestlichem Teile.[3])

Ich stand am nordwestlichen Rande des Kraters, ein wenig rechts, doch südwestlich von dem zu 4170 m bestimmten Kulminationspunkt. Vom äufsersten Rande trennte mich eine lange, durchschnittlich etwa einen Meter breite, schneeerfüllte Kluft; das Stück jenseits der Kluft war ganz schmal. Ich sprang hinüber und stand nun am alleräufsersten Rande, trat aber bald den Rückzug an, da ich fürchtete, ein Erdbeben möchte jene schmale, durch die erwähnte Kluft abgespaltene Fels-Lamelle zum Absturz bringen. Gegenüber erblickte ich in der Ferne die südöstliche, etwas niedrigere Kraterwand, auf der ich im November 1893 gestanden; links und rechts sah ich am Kraterrande entlang; in weiter Ferne erblickte man rechts die südwestlichen und links die nordöstlichen Terrassen. Hier und da lag Schnee in schmalen Streifen und kleinen Flecken; alle Spalten und tieferen Lücken enthielten Eis oder Schnee. Auf halbem Wege zum Südwestrande dampfte eine schwache Fumarole. Von oben gesehen, sah der Kraterboden ziemlich eben aus; nur zu meiner Rechten, fast senkrecht unter mir, befand sich ein ansehnlicher, anscheinend aus Trümmern bestehender, qualmender Hügel. Links von ihm lag der Lavasee, der auf der mir zugekehrten Seite ein klein wenig höher als der Kraterboden lag und von einem Walle umgeben war, wie ich ihn in meinem Aufsatze über den Kilauea genauer beschrieben habe. Da mein Standpunkt sehr steil über dem Lavasee lag, waren alle Höhenschätzungen sehr mifslich; mir schien der Wall nur ganz niedrig, etwa 1—2 m hoch zu sein. Der Lavasee war überkrustet wie der des Kilauea — und bei der geringen Niveaudifferenz war er im Tageslichte nur schwer von dem Kraterboden zu unterscheiden. Die glühenden Risse sind im Tageslichte als solche zwar erkennbar, aber nicht sehr auffallend. Anders die Fontänen. So lange ich oben war, spielten zwei grofse und eine kleine Fontäne, erstere ohne Unterbrechung und sehr gleichmäfsig. Ihre Gestalt war langgezogen, in der Weise, dafs

[3]) Die Dimensionen des Mokuaweoweo werden von J. D. Dana auf Grund einer Vermessung von J. M. Alexander folgendermafsen angegeben: Länge 5,95 km, Breite 2,82 km, Areal 9,35 qkm, Umfang 15,3 km. Die Tiefe des Kraterbodens wurde 1885 auf etwa 800 Fufs gleich 245 m geschätzt.

wir gegen die Langseite blickten; ihre Höhe schätzte ich auf 10—15 Meter. Sie erinnerten durchaus an einen Wasserspringbrunnen; die Lava war offenbar völlig dünnflüssig und auch das Geräusch war das einer Wasserfontäne — doch ich will mich nicht wiederholen, da ich jene Dinge in meinem Kilaueaaufsatze ziemlich ausführlich beschrieben habe.

Nur auf die Unterschiede will ich hinweisen; erstens habe ich im Kilauea niemals ganz so hohe und grofse Fontänen gesehen, und zweitens schien mir die Farbe hier noch heller gelbrot; allein ein solcher Vergleich nach der Erinnerung von Dingen, die man vor fast drei Jahren beobachtet hat, kann keinerlei Sicherheit gewähren. Das Futteral meines photographischen Apparates ist innen mit rotem Flanell ausgefüttert, dessen Farbe war im Sonnenschein sehr viel dunkler rot, als das der Fontänen. Das erste war nun, den Krater photographisch aufzunehmen. Herr Gaspar und der Führer, die gleich nach mir hinaufgegangen waren, wärmten sich in der Sonne. Ich trug mich mit dem Plane, nach der photographischen Arbeit womöglich hinabzusteigen; allein es sollte leider anders kommen. Sei es, dafs mein Unwohlsein mich geschwächt hatte; sei es, dafs die Erhebung vom Meeresspiegel zur Höhe von 4000 m innerhalb zweier Tage schlimmer wirkt, wie ähnliche Höhen in der Schweiz, nachdem man schon wochenlang in 1000—2000 m Höhe gelebt — ich, der ich mich noch vor $^3/_4$ Jahren auf dem Montblanc und Monte Rosa, dem Weifshorn und anderen Bergen ähnlicher Höhe sehr wohl befunden hatte und der ich auch diesmal ohne Beschwerde hinaufgelangt war — wurde plötzlich von stechenden Kopfschmerzen und grofser Mattigkeit befallen. Gaspar war zum Zelt gegangen, um die beiden Bergkranken hinaufzulotsen und Decken und Konserven herbeizuschaffen; als er wieder kam, fand er mich und den Führer in Pferdedecken eingehüllt, in den letzten Strahlen der untergehenden Sonne vor Frost zitternd, auf der Erde liegen; der photographische Apparat stand einsam auf seinem dreibeinigen Gestell, mit dem schwarzen Tuch bedeckt am Rande des Mokuaweoweo. Ich versuchte zu essen, brachte aber nur wenig hinunter — mit welchem Appetit habe ich sonst meist (wenn auch nicht immer) auf ähnlichen Höhen geschmaust! Die Sonne ging unter, der Lavasee mit seinen zahllosen glühenden Rissen markierte sich nunmehr sehr scharf; die Fontänen erschienen blendend gelbglühend — ja, wenn man Zeit hätte, da mit Sack und Pack hinunterzugelangen und sein Zelt an einem Punkte aufzuschlagen, der zwischen Eiseskälte und Weifsglut die richtige, behagliche Mittel-

temperatur hätte — daran war aher nicht zu denken. Zwar — worüher der Unkundige erstaunen mag — die Gefahr von Seiten des Vulkans wäre sehr gering; aber der Weg in der Dunkelheit mifslich, der Ahstieg vielleicht sehr steil, der Marsch lang und ermüdend; und ganz wohl war nur noch Herr Gaspar, der alte Seemann und Kaffeepflanzer, der noch nie auf einem Berg gewesen; zwei aher, die im Zelt Zurückgehliehenen, vermochte kein Zureden mehr zu bewegen, die letzten zehn Minuten hinaufzugehen! Sie hörten die Lava plätschern — sie haben eie nicht gesehen. Die Däm-



Mokuaweoweo am 26. April 1896 abends vom N.W-Rand aus.
Aufgenommen von Dr. B. Friedlaender.

merung kam; ein eisiger Lufthauch strich üher den Berg; das Schauspiel der heller und heller glühenden Lava war unsaghar grofsartig; aher ich fühlte, dafs ich der Kälte nicht mehr lange würde widerstehen können. Der Vollmond war üher dem gegenüherliegenden Kraterrande aufgegangen; ich hätte gern bis zur völligen Dunkelheit gewartet; allein so entschlofs ich mich, einen photographischen Versuch, zu dem ich vor $2^1/_2$ Jahren nicht gekommen war und den ich vergehens mehreren Photographen auf der Insel empfohlen hatte, sogleich anzustellen: die Fontänen in ihrem eigenen Licht aufzunehmen. Ich exponierte mit f/6,3 etwa 5 Sekunden auf eine leichtempfindliche Platte und erhielt das hier reproduzierte Bild. Die Lavafontänen

haben etwa eben so stark gewirkt, als der Vollmond, der links oben zu sehen ist; womit bewiesen sein dürfte, dafs die Lava thatsächlich so ziemlich weifsglühend war. Eine schon viel kürzere Expositionszeit hätte offenbar ausgereicht, und in den 5 Sekunden hätten sich voraussichtlich die glühenden Risse abgebildet, wenn der Hintergrund dunkel genug gewesen wäre.[4]) Ein Teilnehmer der zweiten Partie (am 29. April 1896) exponierte nach Eintritt völliger Dunkelheit auf den See und erhielt eine vollkommene Abbildung aller glühenden Risse, aufser den Fontänen; nähere Angaben über Expositionszeit fehlen, und leider kam offenbar eine minderwertige Linse und ein sehr kleines Format zur Anwendung. Diese Photographie vom 29. April zeigt dieselbe Zahl und Lage der Fontainen, wie mein Bild.

So weit meine Beobachtungen reichen, stimmte die Thätigkeit des Centralkraters mit derjenigen des Kilauea, wie ich sie im 3. Hefte des VIII. Jahrganges dieser Zeitschrift beschrieben, im ganzen überein; wobei aber daran erinnert sein mag, dafs ich den Kilauea oft und in aller Mufse und Behaglichkeit in nächster Nähe studieren konnte — was, wie der Leser gesehen hat, für den Moknaweoweo nicht zutrifft. Allein die Zahl der Besucher des letzteren ist überhaupt sehr gering; und es dürfte — leider! — nur sehr wenige geben, die von der Thätigkeit des Centralkraters mehr gesehen haben als ich. Es verlohnt sich, die wenigen Unterschiede kurz hervorzuheben. Der Mokuaweoweo mag ungefähr ebenso selten thätig sein wie der Kilaueakrater unthätig; ob das zeitliche Zusammentreffen dieser beiden Ausnahmszustände im April 1896 mehr als ein blofser Zufall ist, läfst sich nicht beweisen und nicht widerlegen; jedenfalls ist es aber öfters vorgekommen, sowohl dafs beide gleichzeitig thätig, als auch, dafs beide gleichzeitig ruhig waren. Die Vulkanwolke war während der ganzen Zeit der Thätigkeit des Mokuaweoweo, so oft der Berg klar war, immer zu sehen, wenn auch mitunter nicht sehr auffallend; diejenige über dem Lavasee des Kilauea, wie ich sie Ende 1893 photographierte, ist aber, wie schon angegeben, nur ausnahmsweise vorhanden. Ferner schwebte die Kilaueawolke, wie auch mein Bild (diese Zeitschrift, Bd. VIII S. 50) zeigt, völlig frei über dem See, während die des Mokuaweoweo einen Stiel besafs, wenn auch nur einen ganz dünnen Stiel aus durchscheinendem Rauche;

[4]) Es ist selbstverständlich, dafs bei einer Expositionszeit von einigen Sekunden die Strahlen und Tropfen der Fontänen ganz verwischt sind und dafs die Ähnlichkeit der Fontänen mit Flammen (auf der Photographie) ausschliefslich auf diesen Umstand zurückzuführen ist.

oben konnte man sehen, dafs dieser Rauch fast ausschliefslich aus den Fontänen stammte. Dieser Unterschied in der Vulkanwolke erklärt sich vielleicht aus der so sehr viel niedrigeren Temperatur am Mauna Loa-Gipfel, die die Kondensation und Wolkenbildung begünstigen mufs. Die in dem Kilaueaaufsatz erwähnten Flammen habe ich über dem Lavasee des Centralkraters nicht gesehen, hätte sie aber, auch wenn sie vorhanden gewesen sein sollten, schwerlich bemerken können, da die Entfernung so grofs und die Dunkelheit nicht weit genug vorgeschritten war.



Mokuaweoweo bei Nacht am 29. April 1896 vom S.O.-Rand aus.
Aufgenommen von Bradley u. Philipps.

Die Höhe der Fontänen schätzte ich auf ungefähr 10—15 Meter — einige Teilnehmer der Partie vom 29. April haben ganz andere Zahlen angegeben; 150, 250, ja, wenn ich mich recht erinnere, 500 Fufs wurden da behauptet; und da ich Grund habe, die betreffenden Beobachter für zuverlässig zu halten, so neige ich der Ansicht zu, dafs die Höhe in jenen drei Tagen zugenommen habe. Auch will ich hervorheben, dafs mein Standpunkt, unweit der höchsten Stelle des Kraterrandes und sehr steil über dem Lavasee, eine Unterschätzung von meiner Seite sehr wohl möglich erscheinen läfst.

Jedenfalls kann es aber, auch schon aus früheren Berichten, für ausgemacht gelten, dafs die Lava-Sprays des Mokuaweoweo — wäh-

rend der meist kurzen Thätigkeitsperioden natürlich — bedeutend höher sind als die des Kilauea. Damit im Zusammenhang steht vielleicht die Bildung von Bimsstein; bei der grofsen Entfernung habe ich leider das Nähere des Vorgangs gar nicht sehen können; und sogar die blofse Thatsache der Bimssteinbildung kann ich nicht als ganz sichere Beobachtung hinstellen. Mir schien es öfters so, als ob in und über dem rotgelben Strahlen- und Tropfenspiel der beiden grofsen Fontänen sich auch dunkle Brocken bewegten und zwar auffallend langsam — und einer der Teilnehmer der zweiten Partie erzählte mir ganz unabhängig und unbefragt dasselbe als sichere Wahrnehmung. Auf der Südostseite des Mokuaweoweo fand ich 1893 viel ganz frisch aussehenden Bimsstein frei auf der Oberfläche liegend; gelbbraune, äufserst leichte und aus feinstem Schwammwerk bestehende Brocken; am Kilauea giebt es wohl auch Bimsstein, aber soweit ich mich im Augenblick erinnere, keinen so frischen; und ich bin ziemlich sicher, dafs während meiner Anwesenheit im November und Dezember 1893 kein Bimsstein entstand. Ob man hieraus nun schliefsen darf, dafs die Bimssteinbildung in den Fontänen der temporären Lava-Seen des Mokuaweoweo eine häufigere Erscheinung sei als in denen des Kilauea, lasse ich dahingestellt: ebenso den Grad der Wahrscheinlichkeit meiner schon erwähnten Vermutung, dafs die Fontänen des Mokuaweoweo heller, also die Lava heifser sei als im Kilauea. Ich bitte, etwaige Rezensenten oder Reviewer, diese beiden zuletzt berührten Punkte nur als das anzusehen, was sie sind: blofse, von mir selbst als ganz unsicher hingestellte Mutmafsungen. Keinem Autor ist damit gedient, und der Wissenschaft noch weniger, wenn aus seinen Vermutungen Behauptungen gemacht werden, wie das so häufig und zwar fast unbewufst geschieht. Ich hätte diese vagen Dinge gar nicht erwähnt, wenn ich nicht hoffte, dafs diese Zeilen vielleicht durch Zufall jemand bekannt werden könnten, dem ein zweiter glücklicher Zufall eine bessere Beobachtungsgelegenheit schenkte, wie sie mir zu teil geworden.

Worauf alles dies abzielt, hat der Leser wohl schon erraten: Die (zuverlässig beglaubigte) gröfsere Höhe der Lavafontänen; die (nicht unwahrscheinliche) häufigere Bimssteinbildung; die (leider sehr unsichere) hellere Glut der Mokuaweoweo-Fontänen würden nämlich, wenn sie Thatsachen wären, übereinstimmend zu Gunsten der Annahme sprechen, dafs die Lava im Mauna Loa heifser und gasreicher sei als im Kilauea. Warum dies aber von grofsem Interesse wäre, bedarf keiner Auseinandersetzung. —

Wer auch immer die Neigung gehabt haben mag, in den Vulkanen lokale Wirkungen lokaler Ursachen zu sehen, der wird, wie ich glaube, nach persönlicher Kenntnisnahme der hawaiischen Vulkane davon zurückkommen. W. Lowthian Green giebt mit Recht an, dafs man gerade hier und besonders am Mokuaweoweo den unmittelbaren Eindruck einer kosmischen Erscheinung erhält. Die Vulkane stehen mit dem Erdinnern in Kommunikation, das jedenfalls heifs ist und dessen Aggregatzustand ich mir (trotz der entgegenstehenden Meinungen!) nicht gut anders als flüssig oder gasförmig vorstellen kann. Also stehen die Vulkane auch unter sich in flüssiger oder gasförmiger Kommunikation, und von zwei so nahen Kratern, wie den beiden thätigen Hawaiis, gilt das natürlich erst recht, woraus dann die bekannte Schwierigkeit entsteht — die 3000 m Höhenunterschied. Die Annahme, dafs die (flüssige!) Mauna Loa-Lava leichter sei infolge höherer Temperatur und stärkeren Gasgehalts wäre eine Erklärungsmöglichkeit.

Allein diese von W. Lowthian Green gegebene Erklärung ist nicht nur hypothetisch, sondern in mehr als einer Beziehung geradezu mifslich. Wir wissen nichts Bestimmtes von einem spezifisch geringeren Gewichte der flüssigen Mauna Loa-Lava; von der erkalteten Lava der beiden Vulkane wissen wir aber, dafs sie so ziemlich übereinstimmen. Ferner: Soll ein Niveauunterschied von Flüssigkeiten in kommunizierenden Röhren durch eine Verschiedenheit im spezifischen Gewicht erklärt werden, so mufs, um einen Unterschied von 3000 m zu erklären, entweder die Verschiedenheit der spezifischen Gewichte als sehr erheblich oder aber die Kommunikationsstelle als sehr tief gelegen angenommen werden — was beides nicht recht wahrscheinlich sein dürfte.

Der Planet Saturn.

Von G. Witt in Berlin, Astronom an der Urania.

Über den Planeten Saturn und insbesondere über die Erscheinungen am Ringsystem dieser in ihrer Art einzigen Planetenwelt im Bereiche der Sonne sind von sehr gewissenhaften und geschickten Beobachtern häufig so entgegengesetzte Ansichten ausgesprochen worden, dafs für den Laien, welcher mit der Schwierigkeit astronomischer Beobachtungen im allgemeinen und nicht zum mindesten im vorliegenden Falle nicht vertraut sein kann, kaum die Möglichkeit geboten ist, sich ein zuverlässiges Urteil über die Sicherheit bezüglicher Wahrnehmungen zu bilden. Auch die diesjährige, unter leidlich günstigen Verhältnissen beobachtete Opposition (1896) hat die wissenschaftliche Erkenntnis beinahe nicht nur nicht gefördert, sondern eher dazu gedient, erneut Verwirrung und Zweifel wachzurufen. Andererseits sind in jüngster Zeit einige so schöne praktische Bestätigungen hypothetischer Anschauungen geliefert worden, dafs man unbeschadet der über viele Punkte noch immer herrschenden Unsicherheit doch von einem wirklichen Fortschritt in der Saturnforschung sprechen kann.

Diese unbestrittenen Erfolge in Verbindung mit dem Umstande, dafs schon gegenwärtig wieder das Ringsystem des Saturn in seinem weit geöffneten Zustande einen prachtvollen Anblick gewährt, haben den Anlafs zur Abfassung des vorliegenden Aufsatzes abgegeben. Es liegt in der Natur der Dinge, dafs derselbe in der Hauptsache nichts als eine Zusammenstellung und Sichtung des von anderen Beobachtern zusammengetragenen Materials sein kann, die nur in unwesentlichen Punkten durch eigene gelegentliche Wahrnehmungen und deren Verwertung unterstützt wird, im übrigen aber lediglich allgemein Bekanntes zusammenfassend wiedergiebt.[1])

[1]) Es möge diese Gelegenheit zu dem Hinweise benutzt werden, dafs die Redaktion künftig in weiterem Umfange als bisher beabsichtigt, derartige zusammenfassende Aufsätze über eng begrenzte Gebiete der Himmelsforschung zum Abdruck zu bringen; sie giebt sich der Hoffnung hin, damit den Wünschen vieler Leser unserer Zeitschrift zuvorzukommen.

Man erinnert sich, dafs bis zum 13. März 1781, dem Tage, an welchem der unermüdliche William Herschel zu Bath den Planeten Uranus entdeckte, die Bahn des Saturn als äufserste Grenze unseres Sonnensystems galt, wiewohl man längere Zeit vorher bereits wufste, dafs der Anziehungsbereich des Centralkörpers noch ungleich viel weiter sich erstreckte. Neben seiner ungemein langsamen Bewegung am Himmel im Vergleich zu allen anderen Planeten war bis in den Anfang des 18. Jahrhunderts hinein in diesem Umstande wohl die einzige Merkwürdigkeit zu suchen, welche den Saturn auszeichnete, denn erst das Fernrohr, welches einem Galilei die ungezählten Wunder des Himmels entschleierte, war berufen, unserem Planeten die ihm gebührende Stellung zu erobern, welche er heute unbestrittenermafsen nicht unter den Gliedern des Sonnensystems nur, sondern überhaupt unter den Welten des Universums einnimmt.

Saturn leuchtet durchschnittlich in der Helligkeit eines Sternes erster Gröfse, und zwar in einem ruhigen, bleichen, etwas gelblichen Licht; dennoch steht er weit hinter der strahlenden Schönheit der Venus zurück, und auch die übrigen Planeten — Uranus und Neptun selbstverständlich ausgenommen — übertreffen ihn noch mit ihrem Glanze. Im übrigen schwankt seine Helligkeit in ziemlich weiten Grenzen, nahezu um eine volle Gröfsenklasse. Bedingend hierfür ist naturgemäfs einmal der wechselnde Abstand von der Erde und die jeweilige Entfernung von der Sonne; in der Hauptsache erklären sich diese Helligkeitsänderungen aber aus einem Umstande, der erst bei einer späteren Gelegenheit nähere Erörterung finden wird.

Wer, mit den Erscheinungen am Himmel nicht vertraut, sich die Aufgabe stellen wollte, durch eigene Wahrnehmungen Saturn unter den Fixsternen herauszufinden, dem würden zweifellos einige Schwierigkeiten entgegentreten, denn die Ortsveränderungen, welche unser Wandelstern innerhalb weniger Tage erfährt, sind manchmal so geringe, dafs sie namentlich in sternärmeren Gegenden wohl einige Zeit unbemerkt bleiben können. Dafür wird man ihn aber, selbst nach mehrmonatlichen Pausen, nicht leicht wieder aus den Augen verlieren, wenn man sich über seine Stellung am Himmel einmal Gewifsheit verschafft hat. Ganz langsam schiebt er sich, in der Regel nach Osten zu fortschreitend, fast genau längs der Linie vorwärts, welche die Sonne scheinbar für uns im Zeitraum eines Jahres beschreibt, und erst nach Ablauf von nahe $2^1/_2$ Jahren tritt er in ein anderes Sternbild des Tierkreises ein, während die Sonne es schon nach einem Monat durchwandert hat.

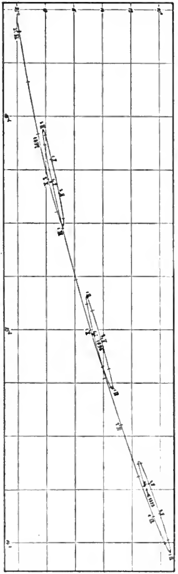
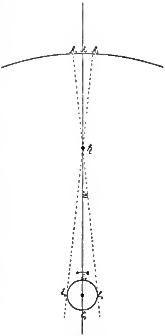


Fig. 1. Geocentrischer Lauf des Saturn in den Jahren 1895—1897.

Diese Bewegung ist aber keineswegs eine gleichmäfsige. Aus der nachfolgenden Darstellung des scheinbaren Laufes des Saturn in den Jahren 1895 bis 1897, welche den Ort des Planeten für jeden Monatsanfang direkt angiebt (Fig. 1), ist ohne weiteres zu ersehen, wie er zu verschiedenen Zeiten ungleich grofse Strecken zurücklegt, ja wie er zeitweilig seinen Ort überhaupt nicht merklich verändert, um dann, zunächst mit sehr geringer, später mit zunehmender Geschwindigkeit sich gerade in entgegengesetzter Richtung zu bewegen. Nach Verlauf von einigen Monaten erfährt sein Lauf wiederum eine Umbiegung, und nun bleibt für längere Zeit seine Bewegung normal.

Derartige scheinbare Unregelmäfsigkeiten erklären sich, wie bei allen übrigen Wandelsternen, so auch bei Saturn, der zu den sogenannten oberen Planeten gezählt wird, vollständig und auf sehr einfache Weise, wenn man bedenkt, dafs unser eigener Standort im Raume fortwährend eine periodische Änderung erfährt, da die Erde innerhalb eines Jahres in einer nahe kreisförmigen Bahn um die Sonne herumgeführt wird. — Würde auch Saturn in Beziehung zu letzterer gar keine Bewegung besitzen, so könnte er doch von der Erde aus nicht

dauernd unverändert an der gleichen Stelle des Himmels erscheinen. Fig. 2 wird diese Verhältnisse leicht anschaulich machen. Im Centrum des kleinen Kreises, welcher die Erdbahn vorstellt, steht die Sonne; das gröfsere Bogenstück bezeichnet einen Teil des scheinbaren Himmelsgewölbes. Fafst man zunächst eine Stellung der Erde in E_1 genau auf der Verbindungslinie Sonne-Saturn ins Auge, so findet man den Planeten am Himmel in A_1. Hat sich aber in der durch den Pfeil gewiesenen Richtung die Erde nach links auf E_2 zu bewegt, so ist scheinbar Saturn nach rechts gewandert, und dies gilt noch für alle Stellungen unseres eigenen Planeten zwischen E_1 und E_3 in der linken Hälfte ihrer jährlichen Bahn. Die gröfste scheinbare Entfernung A_1 A_2 von der mittleren Lage in A_1 wird augenscheinlich erhalten, wenn man durch den Saturnort an die Erdbahn eine Tangente legt, welche jene in E_2 berühren möge. Von der rechten Hälfte der Erdbahn aus gesehen, hat der Ort des Saturn eine scheinbare Verschiebung nach links erfahren; die Verrückung bis nach A_3 im äufsersten Falle wird ersichtlich von E_4 aus wahrgenommen. Für die Stellung der Erde in E_3 fällt der Planetenort wieder nach A_1 in seine normale Lage.


Fig. 2.

In Wahrheit bewegt sich indessen Saturn in gleichem Sinne wie die Erde um die Sonne in einer geschlossenen Bahn. Zieht man also den Einflufs der eigenen Bewegung unserer Erde gebührend in Rücksicht, so ist es leicht, die Orte unter den Fixsternen anzugeben, an denen von unserem Centralgestirn aus Saturn nacheinander zu verschiedenen Zeiten erscheinen müfste. Auf solche Art hat man ermitteln können, dafs er zu einer vollen Umkreisung der Sonne die Zeit von 10 759 Tagen oder von rund 29 $^1/_2$ Jahren gebraucht und dafs seine Bahn, die von der Form eines genauen Kreises ein wenig abweicht, nicht genau mit der Ekliptik oder Erdbahn

zusammenfällt, sondern mit dieser einen Winkel von $2\frac{1}{2}^0$ einschliefst.[2] Mag diese Gröfse auch an sich unbedeutend erscheinen, so hat sie doch eine nicht zu unterschätzende Wichtigkeit für die Erklärung gewisser Erscheinungen am Ringsystem, deren Erörterung uns in einem späteren Stadium dieser Auseinandersetzungen zu beschäftigen haben wird.

Steht ein Planet, von der Erde aus gerechnet, direkt der Sonne gegenüber, so befindet er sich, wie man sagt, in Opposition, und dies ist mit wenigen Ausnahmen allemal die denkbar günstigste Zeit für physische Beobachtungen. In der Opposition erreicht nämlich ein Planet gerade um Mitternacht seine gröfste Höhe über dem Horizont, während die Sonne ihrerseits sich möglichst weit unter den Nordhorizont hinabgesenkt hat. Bei einem so langsam sich bewegenden Planeten wie im vorliegenden Falle wiederholen sich die Oppositionen nahezu nach Ablauf eines Jahres wesentlich infolge der Rückkehr der Erde zu ihrem Ausgangspunkte, denn inzwischen hat sich z. B. Saturn nur ein kleines Stück, etwa $\frac{1}{30}$ des Umkreises oder 12^0 weiter geschoben, und auf diesem Stück hat die Erde ihn bereits nach beinahe eben so vielen Tagen eingeholt. Genauer verfliefst zwischen den einzelnen Oppositionen die Zeit von 378 Tagen. Zur Zeit, wo die Erde in E_4 steht, erscheint Saturn in gleicher Richtung mit der Sonne am Himmel, er befindet sich in Konjunktion; selbst wenn man also von der Vergröfserung der Entfernung Erde-Saturn absieht, die naturgemäfs die Sichtbarkeit beeinträchtigt, ist er in dieser Stellung schon deshalb unbeobachtbar, weil er in den alles überflutenden Strahlen des Tagesgestirns verschwinden mufs.

Die Oppositionen selbst sind übrigens keineswegs alle gleich günstig; am vorteilhaftesten werden sie wenigstens für mittlere Breiten, z. B. in Deutschland, sich erweisen, wenn die Tierkreisbilder sich möglichst hoch über den Horizont erheben, und das ist erklärlicherweise vornehmlich im Winter der Fall, wo ihrerseits die Sonne sehr tief unter den Horizont hinabsteigt. Im Winter sich ereignende Oppositionen bieten mithin bessere Verhältnisse für Saturnbeobachtungen dar, als solche im Sommer, und aus demselben Grunde werden der letzten Opposition vom 5. Mai 1896 zunächst mehrere Jahre hindurch weitere folgen, die noch ungünstiger sind, bis endlich die Oppositionszeiten wieder in den Herbst und Winter hineinrücken.

---

[2]) Die genaueren Angaben werden in einer besonderen Zusammenstellung der Bahnelemente an anderem Orte aufgeführt werden.

Aus dem dritten Keplerschen Gesetz, demzufolge die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten sich wie die dritten Potenzen der halben grofsen Achsen ihrer Bahnen verhalten, ergiebt sich, dafs die mäfsig excentrische Bahn, welche Saturn um die Sonne beschreibt, eine halbe grofse Achse von 9,54 astronomischen Einheiten[3]) oder etwas über 1 400 Millionen km hat. Dies ist zugleich die mittlere Entfernung des Planeten vom Centralkörper unseres Planetensystems. Dementsprechend schreitet Saturn in seiner ungeheuren Bahn in jeder Sekunde nur 10 km vorwärts, 3 mal langsamer als die Erde und 5 mal langsamer als der der Sonne nächste Wandelstern Merkur.

Aus so grofser Entfernung erscheint die Sonne im Durchmesser über 9 mal, ihre Oberfläche rund 90 mal kleiner, als sie von der Erde gesehen sich ausnimmt. Unser eigener, immerhin winziger Planet müfete dem Saturn als ein fast verschwindender, bleicher Lichtpunkt sich zeigen, wenn er ihm nicht aus einem anderen Grunde fast stets unsichtbar bliebe. Dieselbe Fig. 2 lehrt uns nämlich, dafs die scheinbare Entfernung des Erdballes von der Sonne, also der Winkel, unter welchem von jenem entfernten Standpunkt im Raume der Erdbahnhalbmesser gesehen wird, niemals den Betrag von 6° übersteigen kann, sodafs die zu einem matten Lichtfleck zusammengeschrumpfte Scheibe in den blendenden Strahlen des Tageegestirns sich meist gänzlich der Wahrnehmung entziehen mufs. Die kleine Erdkugel spielt demnach für einen etwaigen Saturnbewohner anscheinend nur die Rolle eines winzigen Trabanten; von der Existenz noch sonnennäherer Körper derselben Art hat man gewifs auf der Saturnkugel überhaupt keine Ahnung.

Die starke Verkleinerung der scheinbaren Sonnenscheibe hat natürlich zur Folge, dafs dem Saturn nur der 90. Teil der Licht- und Wärmemenge, welche wir von der Sonne empfangen, zu teil wird; der hellste Mittag dort wird kaum eine gröfsere Helligkeit aufzuweisen haben, als bei uns die tiefe Dämmerung vor dem Hereinbrechen der Nacht.

In der Sonnennähe oder dem Perihel erreicht Saturn seinen kleinsten Abstand von der Sonne im Betrage von 1340 Millionen km; im Aphel oder der Sonnenferne hat er den gröfsten Abstand von 1500 Millionen km. Die Verbindungslinie Saturn-Sonne (der sogenannte Radiusvektor) weist zur Zeit der Sonnennähe nach einem Punkte der Ekliptik, der fast genau mit dem Sommersolstizium zusammenfällt

[3]) Unter der astronomischen Einheit versteht man bekanntlich die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne.

und dicht bei η im Sternbilde der Zwillinge liegt; findet gleichzeitig eine Opposition des Planeten statt, so hat die Sonne den Winterstillstandepunkt erreicht, und Saturn, der ersteren direkt gegenüber in seiner gröſsten nördlichen Deklination, ist dann in unseren Breiten mehr als 16 Stunden über dem Horizont sichtbar. Überdies hat in dieser günstigsten aller Oppositionen[4]), welche sich offenbar immer erst nach einem Zeitraum von 2 mal $29^1/_2$ gleich 59 Jahren wiederholt, der Planet seine kleinste Entfernung von der Erde, also den gröſsten scheinbaren Durchmesser, unter dem er uns überhaupt erscheinen kann. Dieser geringste Erdabstand beträgt, wenn die astronomische Einheit zu 150 Millionen km angenommen wird, 1 190 Millionen km, während in der ungünstigsten Konjunktion die geocentrische Distanz bis auf 1 650 Millionen km anwachsen kann.

Dementsprechend sind die Veränderungen im scheinbaren Durchmesser des Planeten nicht unbeträchtliche.[5]) In seiner mittleren Entfernung erscheint er beim Anblick im Fernrohr, nach den sehr sorgfältigen Messungen von Hall und Barnard, als eine ziemlich groſse Scheibe mit einem Durchmesser von 17".73; diesem Werte entspricht ein wahrer Durchmesser von 121 940 km. Aber diese Scheibe ist nichts weniger als kreisförmig, sondern sie zeigt sich deutlich zusammengedrückt, wie man das auch bei Jupiter beobachten kann, nur mit dem geringfügigen Unterschiede, daſs die Abweichung von der Kreisgestalt bei Saturn etwas weniger groſs zu sein scheint. Die Messungen selbst ergeben allerdings gerade das entgegengesetzte Resultat, denn während die sogenannte Abplattung für Jupiter nur $^1/_{16}$ beträgt, ist sie hier sogar $^1/_{11}$; die beiden Achsen der elliptischen Scheibe stehen demnach ungefähr zu einander im Verhältnis von 11 : 10. Die eben angeführte Zahl ist bereits von William Herschel aus seinen Beobachtungen gefolgert worden; Arago und Bond fanden sie später $= \frac{1}{9.2}$; aus eigenen zahlreichen Beobachtungen und Messungen hat Dr. Meyer den sehr nahe zutreffenden Wert $\frac{1}{10.7}$ erhalten, und ganz neuerdings ist Barnard auf Grund von Messungen am 36-zölligen Refraktor der Licksternwarte aus dem Jahre 1894 auf den gewiſs zuverlässigen Wert von $\frac{1}{11.4}$ geführt worden. Dies bedeutet, daſs der polare Durchmesser ca. 11000 km kleiner ist als der Durchmesser des Saturnäquators.

---

4) Die letzte Opposition, welche unter solchen günstigen Bedingungen stattfand, war diejenige vom 26. Dezember 1885.

5) Etwa zwischen 15" und 21".

Die zwischen dem Augenschein und den Messungsergebnissen in Bezug auf die Abplattung der Saturnkugel behauptete merkwürdige Disharmonie, die übrigens nicht von allen Beobachtern zugestanden wird, würde wohl am einfachsten ihre Erklärung durch den unwillkürlichen Vergleich des viel stärker elliptischen Ringsystems finden; sie müfste dann allerdings zu den Zeiten verschwinden, wo der Ring gänzlich unsichtbar wird oder nur als feine Lichtlinie die Scheibe durchschneidet. Eine sichere Entscheidung seitens berufsmäfsiger Beobachter ist hier wohl kaum zu erwarten, da ihnen allen die wahren thatsächlichen Verhältnisse zu sehr bekannt sind, obwohl im übrigen dieser Frage, als in das Gebiet der physiologischen Optik gehörig, ein gewisses Interesse nicht abzusprechen ist. Verfasser selbst hat seines Wissens am 12-zölligen Refraktor der Urania niemals einen ähnlichen Eindruck gehabt.

Es ist hier der Ort, um an eine merkwürdige Wahrnehmung William Herschels zu erinnern, die allerdings später keine direkte Bestätigung erfahren hat und deshalb vielleicht als eine Urteilstäuschung angesehen werden darf; sie möge zur Illustrierung der Schwierigkeiten dienen, mit denen der Beobachter häufig zu kämpfen hat und denen er sich bedauerlicherweise bei aller Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit nicht immer zu entziehen die Macht hat. Herschel glaubte nämlich aus dem übereinstimmenden Anblick Saturns in seinen verschiedenen grofsen Spiegelteleskopen im Jahre 1805 folgern zu sollen, dafs die stärkste Krümmung der Saturnscheibe statt an den Polen in mittleren Breiten von etwa 45° stattfinde und zugleich, dafs nicht der Äquatorealdurchmesser, sondern ein Durchmesser, welcher mit dem Äquator einen halben rechten Winkel bildet, der gröfste sei. Er schrieb die hiernach resultierende seltsame Deformation des Saturnsphäroids der anziehenden Wirkung der Ringe zu; ja, er stellte sogar Messungen darüber an, deren Resultat seine Anschauung zu bestätigen schien, deren Genauigkeit aber in diesem Falle, wie es den Anschein gewinnen will, nicht sehr hoch anzuschlagen ist. Welche wunderbare Form durch die bezeichneten Wahrnehmungen der Saturnscheibe zugewiesen würde, ist aus der beistehenden Fig. 3 zu ersehen, welche die einfachen Umgrenzungslinien einer von Herschel ausgeführten Zeichnung in verkleinertem Mafsstabe wiedergiebt und nahezu einem Rechteck mit abgerundeten Ecken vergleichbar ist. Theoretische Erwägungen scheinen überdies von vornherein der Möglichkeit einer solchen Form zu widersprechen, wie Bessel nachgewiesen hat; sie direkt zu den Unmöglichkeiten zu rechnen, wird indessen solange nicht angehen,

bis hierüber abschliefsende Untersuchungen wie für Jupiter angestellt sind, denn auch einige andere Beobachter haben zeitweilig einen ähnlichen Eindruck gehabt. Die vollständig einwandfreien Messungen von Bessel und Main haben eine nachweisbare Deformation allerdings nicht erkennen lassen.

Unter Berücksichtigung der früher angegebenen wahren Dimensionen der Saturnscheibe, dessen Körper sehr nahe als ein Umdrehungsellipsoid angesehen werden kann, ergiebt sich, dafs die Erdoberfläche nur den 80. Teil der Oberfläche des „langsam Wandelnden", wie Saturn wohl auch im Altertum genannt wurde, ausmacht und dafs er an Rauminhalt die Erde um das 700-fache übertrifft. Hiernach könnte man aus der Sonne mehr denn 1800 Kugeln formen, deren jede dem Saturnball gleichkäme. Im Verhältnis viel geringer ist dagegen seine Masse, die man mit ziemlich grofser Genauigkeit, z. B. aus den Bewegungen der Trabanten, zu bestimmen vermag. Ihr Wert wird heutzutage allgemein zu $\frac{1}{3501.6}$ angenommen, wobei die Masse der Sonne als Einheit gesetzt ist; das ist nur 90 mal mehr, als die Erdmasse ausmacht.

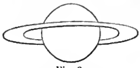


Fig. 3.

Diese Angaben genügen für den Nachweis, dafs Saturn nächst dem Planeten Jupiter das mächtigste Glied der Sonnenfamilie ist, sowie dafs seine Masse — Jupiter abgerechnet — die Massen aller übrigen Planeten zusammengenommen noch weit übersteigt. Stellt man überdiea dem Rauminhalt und dem angenommenen Massenwerte die entsprechenden Gröfsen für die Erde gegenüber, so ergiebt sich die mittlere Dichtigkeit der den Saturnball bildenden Materie nur etwa gleich $^1/_8$ der mittleren Erddichte, und man ersieht ohne Schwierigkeit, dafs er, im Vergleich zu unserem eigenen Planeten, aus sehr viel leichteren Stoffen aufgebaut sein mufs. Diese mittlere Dichtigkeit im Betrage von 0.7[6]) erreicht noch nicht $^3/_4$ der Dichtigkeit des Wassers, welche man als Einheit gewählt hat. Annähernd ähnlich geringe spezifische Gewichte haben unter den bekannteren festen irdischen Stoffen nur Kalium und einige Holzarten. Dazu kommt, dafs die Dichtigkeit unzweifelhaft, da sie nach dem Innern zu allmählich zunimmt, an der Oberfläche selbst den vorher angegebenen Wert noch lange nicht erreichen wird. Diese Folgerung ist ungemein wichtig, weil sie uns eine abgrenzende Vorstellung über die Beschaffenheit der Saturnoberfläche erlaubt, die

[6]) Die mittlere Dichtigkeit der Erde beträgt nach den zuverlässigsten Bestimmungen aus neuerer Zeit 5.6.

z. B. Wasser als solches, wenigstens in gröfseren Mengen, früheren vielfach verbreiteten Ansichten entgegen, nicht aufweisen kann.

Auf der Planetenscheibe beobachtet man in nicht zu kleinen Fernrohren einige wenig charakteristische, dunklere Streifen, die untereinander parallel verlaufen und deren auffälligster von jeher der dem Äquator nächst angrenzende gewesen zu sein scheint (Fig. 4). Merkwürdig ist dabei, dafs von verschiedenen Beobachtern häufig die einen solche Streifen mit vollkommener Deutlichkeit gesehen haben, während andere sie garnicht oder nur mit gröfster Mühe wahrnehmen konnten, ohne dafs hierfür eine überlegene Leistungsfähigkeit grofser Fernrohre über solche von mittleren Dimensionen als Grund angegeben werden kann. So beobachteten z. B. Beer und Mädler in den Jahren 1834 und 1835 mit einem Fernrohr von nur 12 cm Öffnung einen grauen Streifen, der bis in die helle Morgendämmerung sichtbar blieb. Das eine ist jedenfalls klar, dafs es sich hier im allgemeinen um keineswegs leicht sichtbare Objekte handelt.

Im übrigen ähnelt, wenn man von der Unbestimmtheit der ganzen Erscheinung absieht (Fig. 5), der Anblick Saturns in vieler Hinsicht demjenigen Jupiters, und man ist deshalb geneigt, beiden auch gleiche Konstitution zuzugestehen. Die mindere Prägnanz im Aussehen der Streifen auf Saturn erklärt sich wohl zum überwiegenden Teile aus der viel gröfseren Entfernung dieses Planeten von der Erde; dieselbe ist jedoch nicht allein ausreichend, man wird vielmehr zu der Annahme berechtigt sein, dafs auch in Wirklichkeit das, was an Besonderheiten an dem Saturnball wahrzunehmen ist, weit weniger grofsartig und unauffälliger sich auf ihm abspielt.

Wäre die Anschauung thatsächlich begründet, dafs auf der Oberfläche der beiden mächtigsten Glieder unseres Sonnensystems ähnliche Zustände herrschen, so würde die erste und wichtigste Folgerung die Annahme einer gewaltigen Atmosphäre sein, die uns den Anblick der eigentlichen Oberfläche der Saturnkugel zum gröfsten Teile, vielleicht nur mit gelegentlicher Ausnahme der in der Regel etwas dunkler abgetönten polaren Regionen, andauernd verbirgt. Den schattierten Banden, welche sich quer über die Scheibe Saturns hinziehen, müfsten wir dann den Charakter von leichten Wolkengebilden beilegen, die wegen ihres wolligen oder flockigen Aussehens, das man an ihnen in der Regel festgestellt hat, wiederholt mit unseren Cirruswolken verglichen worden sind. Auffallend ist indessen, dafs sie erwiesenermafsen viel beständiger als die entsprechenden Streifen Jupiters sind, denn sie erhalten sich oft mit kaum merklichen Abweichungen

während einer ganzen Opposition. Ihre Farbe ist ein unbestimmtes Graubraun oder recht mattes Grau, dem gelegentlich, aber doch nur selten, ein rötlicher Ton beigemengt zu sein scheint. Manche Beobachter haben sie wohl auch als schwach grün getönt bezeichnet. Indessen ist solchen Bestimmungen der Färbung immer nur ein bedingter Wert beizumessen, denn sie sind und bleiben eine prekäre Sache. Besser zutreffend wird hingegen die Angabe sein, dafs die Südpolarregion regelmäfsig dunkler erscheint, als die Umgebung des Nordpols, indem sie einen Anflug von blauer Färbung aufweist.

Im Gegensatz zu diesem normalen Aussehen der Planetenscheibe sind zu manchen Zeiten auch abweichende Konfigurationen beobachtet worden. Schon Cassini und später Herschel haben dies angemerkt.



Fig. 4. Saturn in grofsen Fernrohren.

Besonders deutlich zeigten sich solche Abweichungen von dem gewöhnlichen Anschein im November und Dezember 1883, wo ein glänzender weifser Äquatorealstreifen auftrat, der von zwei ganz schmalen dunklen Bändern eingerahmt wurde; das südliche dieser Bänder erschien fast schwarz und war jedenfalls das dunkelste Objekt auf der sichtbaren Oberfläche. Den Anblick Saturns in jener Zeit giebt die als Fig. 6 abgedruckte Zeichnung Holdens wieder.

Das Auftreten solcher hellen Wolkenstreifen bedingt zugleich bis zu einem gewissen Grade die immerhin beträchtliche Reflektionsfähigkeit Saturns. Seine Albedo[7]) beträgt nämlich nach Zöllners photometrischen Bestimmungen 0.5 und ist doppelt so grofs, als die Rück-

[7]) Unter Albedo versteht man eben die Fähigkeit eines Körpers, einen gröfseren oder geringeren Teil des auf ihn fallenden Lichtes zurückzuwerfen. Sie ist immer durch einen echten Bruch dargestellt, in dessen Nenner die

strahlungsfähigkeit weifsen Sandsteins. Gleichwohl ist man neuerdings mehr und mehr von der Annahme zurückgekommen, dafs seine Oherfläche sich noch in einem matt rotglühenden Zustande befinden könne, während dieselhe für Jupiter mit einer Alhedo von 0.72 viel gröfsere Wahrsoheinliohkeit hesitzt; indessen ist die oitierte Ansioht bis zur Stunde noch nioht als definitiv widerlegt zu betrachten.

Die Annahme einer den Planeten umhüllenden Atmosphäre findet nun in der That, aufser in seiner geringen Dichtigkeit und dem bekannten Umstande, dafs die Scheihe nach dem Rande zu, wenngleich nur schwach, ahschattiert erscheint, auch in den spektroskopischen Untersuchungen des von Saturn reflektierten Sonnenlichtes eine starke Stütze. Solche Beohaohtungen sind übrigens wegen der verhältnismäfsig gerin-

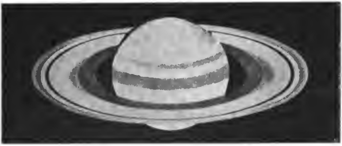


Fig. 5. Saturn am 16. Oktober 1852 im 20-füfsigen Spiegelteleskop Lasalls.

gen Intensität des Lichtes ungemein schwierig, und wenn man schon an sich bei einem Planeten, der kein eigenes Licht aussendet, in der Hauptsache lediglioh erwarten darf, ein schwaohes Abhild des hekannten, nur durch die dunklen oder sogenannten Fraunhoferschen Linien ausgezeichneten Sonnenspektrums zu erhalten, so gelingt es des Lichtmangels wegen doch kaum, mehr als die allerstärksten dieser, durch Absorption in der Sonnenatmosphäre erzeugten Linien zu identifizieren. Aufser diesen hat man allerdings noch ein hreites dunkles Band im roten Teile des Spektrums gefunden, das seiner Lage nach mit einem Absorptionsstreifen im Spektralbilde Jupiters übereinstimmt und, wie hei jenem, nur durch die Wirkung einer mächtigen Atmo-

Menge des auffallenden Lichtes und in dessen Zähler die Quantität des reflektierten Lichtes steht, beides in derselben, übrigens beliebigen Einheit ausgedrückt. Der Begriff ist von Lambert in die Photometrie eingeführt worden.

sphärenschicht erklärt werden kann. Daneben ist noch bemerkenswert, dafs die blauen und violetten Strahlen des Sonnenlichtes in der Gashülle des Saturn eine allgemeine Absorption erfahren, die in den Äquatorealstreifen besonders in Erscheinung tritt. Aufser diesen vorwiegend auf Vogels Untersuchungen in Bothkamp begründeten thatsächlichen Ermittelungen verdient endlich eine Beobachtung Janssens Erwähnung, durch die das Vorhandensein von Wasserdampf auf Saturn konstatiert wurde.

Der Vollständigkeit halber soll an dieser Stelle gleich ein Ergebnis der spektroskopischen Analysierung des von dem Ringsystem zurückgeworfenen Sonnenlichtes angeschlossen werden. Dem Ringspektrum fehlt das dunkle Band im Rot vollständig, wie Vogel zuerst

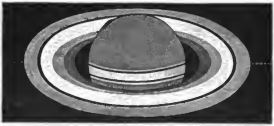


Fig. 6. **Saturn im Jahre 1883.**

nachgewiesen hat, und da Keelers Beobachtungen am 36-zölligen Refraktor der Licksternwarte sich hiermit in bester Übereinstimmung befinden, so mufs die Existenz einer Atmosphäre um den Ring herum als vollständig ausgeschlossen gelten.

Liefs die starke Abplattung der Saturnscheibe auch bezüglich der Achsendrehung auf analoge Verhältnisse wie bei Jupiter schliefsen, so gelang es doch erst Herschel, dieselbe mit Bestimmtheit nachzuweisen und auch die Zeit genauer anzugeben, in welcher sie sich vollzog. Im Jahre 1793 beobachtete er in seinem 7-füfsigen Reflektor bei 300-facher Vergröfserung einen dunklen breiten Streifen mit zwei eingeschlossenen hellen Zonen; mehrmals zeigten sich in diesem kleine Abweichungen in der Nuancierung, sozusagen Flecke, aus deren regelmäfsiger Wiederkehr er auf eine Rotationsdauer von 10 Stunden 16 Minuten schlofs.

Eine Bestätigung dieser Zahl wurde erst in der Opposition von 1876 durch Asaph Hall erhalten, der den 26-zölligen Refraktor der

Sternwarte in Washington zu seiner Verfügung hatte. Am 7. Dezember bemerkte derselbe auf der Ostseite der Scheibe, nicht weit vom Centrum, einen recht hellen Fleck, der sich nach Verlauf von $1^1/_2$ Stunden bereits nach der anderen Seite vom Centrum weiter bewegt hatte. Einige Tage später hatte dieser Fleck im Gegensatz zu dem ursprünglichen Aussehen eine längliche Form angenommen und erschien auch weniger gut begrenzt. Unmittelbar nach dieser wichtigen Wahrnehmung wurden mehrere Astronomen von derselben in Kenntnis gesetzt, und es gelang auch anderwärts, ihn zu sehen. Aus der Gesamtheit der Beobachtungen, die sich vom 7. Dezember 1876 bis zum 2. Januar des nächsten Jahres ausdehnten, ergab sich die Zeit für eine Umdrehung Saturns um seine Polarachse zu $10^h\ 14^m\ 23^s.8$. Hall hatte der Ankündigung seiner Entdeckung eine Vorausberechnung des Ortes des Flecken beigefügt und zu dem Zwecke aus seinen eigenen Schätzungen eine Rotationszeit von $10^h\ 28^m\ 16^s.8$ vorläufig abgeleitet. Diese Zahl ist später in fast alle astronomischen Schriften übergegangen, obwohl sie um eine Viertelstunde fehlerhaft war und zugleich als von Herschel herrührend angeführt, trotzdem ihr Ursprung sehr leicht nachzuweisen gewesen wäre.[8])

Weiterhin sind dann auch seitens anderer Beobachter und namentlich durch den verdienten Planetenforscher Stanley Williams häufiger helle Flecke in dem Äquatorealgürtel gesehen und planmäfsig verfolgt worden (Fig. 7). Die von ihm ermittelte Rotationszeit des Planeten stimmt genau mit dem obigen Werte Halls überein, sodafs an der Realität der Fleckenerscheinungen wohl kein Zweifel sein kann. Diese Beobachtungen wurden an einem Spiegelfernrohr von nur $6^1/_2$ Zoll Öffnung angestellt, ein erneuter Beweis, dafs für physische Beobachtungen des Saturn die grofsen Teleskope kaum eine nennenswerte Überlegenheit beanspruchen können.

Während auf der Jupiterscheibe dunkle Flecken sehr häufig sich zeigen, pflegt dergleichen bei Saturn zu den Seltenheiten zu gehören, und wenn sie wirklich mehrfach beobachtet sind, so scheinen sie sich nach der Meinung des Verfassers doch in der Regel als einfache Kontrastwirkungen erklären zu lassen. Solche knotenartigen Verdichtungen sind vorwiegend in etwas höheren Breiten aufgetreten, ohne jemals besonders auffallend oder scharf begrenzt zu sein; ihre sorgsame

---

8) Von anderer Seite wird allerdings behauptet, der Irrtum sei dahin aufzuklären, dafs die meisten Schriftsteller den Wert, welchen Laplace theoretisch für die Drehung der Ringe ermittelte, für die Rotationsdauer des Planeten selbst angesehen hätten.

Verfolgung hat indessen eine Rotationsdauer ergeben, welche von der aus der Bewegung der hellen Flecke abgeleiteten etwas abweicht, indem sie gröfser ausfällt, sodafs der erwähnte Stanley Williams geneigt ist, eine gewisse Ähnlichkeit mit der komplizierten Rotation der Sonne anzunehmen. Inwieweit eine von ihm behauptete Verschiedenheit in der Rotationsgeschwindigkeit der Flecken reell ist, sofern sie zwar gleichen Breiten, aber verschiedenen Längen angehören, mufs dahingestellt bleiben. Im ganzen bestätigt sich aber auch hier wieder die Vermutung, dafs Saturn und Jupiter nahe verwandt sind, sowie dafs eine nicht zu verkennende Ähnlichkeit der äufseren Planeten mit der Sonne besteht.

Infolge dieser schnellen Achsendrehung, durch welche der gigantische Saturnball mit rasender Geschwindigkeit herumgeschleudert wird, besitzt jeder Punkt an seiner Oberfläche, vornehmlich am Äquator, ein starkes Bestreben, sich von derselben zu entfernen. Diese Neigung ist so grofs, dafs sie nur wenig von der Anziehung übertroffen wird, welche Saturn auf Gegenstände an seiner Oberfläche ausübt. Während ein frei fallender Körper auf der Erde in der ersten Sekunde einen Weg von 4.9 m zurücklegt, durchfällt er am Saturnäquator in der gleichen Zeit den Raum von 4.5 m und an den Polen eine Höhe von 5.3 m. Eine Vermehrung der Rotationsgeschwindigkeit Saturns um das $2^1/_2$-fache würde genügen, um die Schwere am Äquator vollständig aufzuheben.



Fig. 7.

Die Rotationsachse des Saturnsphäroids bildet mit der Ebene, in welcher sich der Planet um die Sonne bewegt, einen Winkel von 64.3°, sein Äquator ist gegen dieselbe um das Komplement, nämlich 25.7° geneigt; die entsprechende Gröfse für die Erde ist bekanntlich $23^1/_2$°, mithin nur wenig verschieden. Hieraus ergiebt sich, dafs der Wechsel und der Verlauf der Jahreszeiten, der ja zum wesentlichsten Teile durch diese geneigte Stellung der Umdrehungsachse erzeugt wird, im allgemeinen sich unter analogen Verhältnissen vollziehen mufs. Aber während Tage und Nächte in wenigen Stunden aufeinander folgen, dauert jede der vier Jahreszeiten über sieben Erdjahre, und jemehr wir uns vom Äquator entfernen, um uns den Polen zu

nähern, um so fühlbarer wird das scheinbare Mifsverhältnis zwischen Tageslänge und Dauer der Jahreszeiten. An den Polen endlich, wo sich Tages- und Jahreslänge vermischen, folgt auf einen Tag von über 14 Jahren eine gleich lange Nacht, die kaum jemals ein Mond, und dann auch nur auf Stunden, erhellt, eine Nacht, die vor allem nicht durch das entzückende Schauspiel verschönt wird, welches sonst den Himmel Saturns von seinem Äquator an bis in hohe Breiten hinauf ziert.

(Schlufs folgt.)

Noch eine Erklärung des Mondantlitzes.

Am 5. Mai cr. überreichten die Astronomen Löwy und Puiseux der Pariser Akademie ein erstes Heft eines neuen Mondatlanten, den sie auf photographischem Wege entwarfen. Der Mafsstab dieser neuen Mondkarten ist ein derartig grofser, dafs der ganze Monddurchmesser hier nicht weniger als 270 cm einnimmt, während er auf dem Schmidtschen Atlas nur 2 m Gröfse hat.[1]) Wenn man auch für die meisten Erdgegenden Spezialkarten in gröfserem Mafsstabe wohl anfertigen kann, so würde doch eine Erdkarte in demselben Mafsstabe viel mehr Lücken zeigen als die Mondkarte. Da die neuen Karten eine Reihe auffallender Züge erkennen lassen, welche aus den früheren nicht mit derselben Bestimmtheit bekannt sind, so haben sich die Autoren veranlafst gesehen, die Überreichung mit der Aufstellung einer Theorie aller bekannten Charakterzüge des Mondantlitzes zu verbinden. Sie machen sich dabei die Bemerkung von Süfs[2]) zu eigen, dafs man keine selenologische Theorie aufstellen könne, wenn man nicht annimmt, dafs die Kräfte, deren Einflufs sich auf der Erde kundthut, in gleicher Weise auf dem Monde wirken und dafs die Rinde beider Körper aus ähnlichen Materialien besteht.

Manche Forscher haben versucht, einen indirekten Beweis für ihre Theorien zu erbringen, indem sie gewisse Erklärungen, wie z. B. die Möglichkeit von Eruptionen im eigentlichen Sinne auf der Mondoberfläche als unzulässig verwarfen. „Diese gegen die Vulkan-Hypothese vorgebrachten Gründe sind vornehmlich dreierlei: 1. Die sogen. Mondkrater unterscheiden sich durch Gestalt und Ausdehnung durchaus von allen irdischen. 2. Jeder vulkanische Ausbruch wird notwendig von einer reichlichen Befreiung von Gas und Wasserdampf begleitet. 3. Der Mond besitzt weder eine flüssige Oberfläche noch eine in

[1]) Etwa der Mafsstab der österreich. Alpenld. in Andrees Atlas. S. 51 u. 52.

[2]) Wien. Ak. d. Wiss. M. u. Ph. Kl. 95 B. 104, Abt. IIa S. 21. H. u. E. VIII. S. 387.

Betracht kommende Gashülle, und sein Antlitz ist durch einen Kreislauf des Wassers nicht verändert worden.

Wären diese drei Behauptungen in aller Strenge zu unserer Zeit begründet, so dürfte man daraus nur schliefsen, dafs augenblicklich auf dem Monde die notwendigen Bedingungen für vulkanische Erscheinungen fehlen. Es würde aber daraus nicht hervorgehen, dafs diese Bedingungen in der Vergangenheit niemals vereinigt gewesen sein können. Man mufs die Frage ohne vorgefafste Meinung studieren und sich dabei, soviel wie möglich, auf den Boden der Thatsachen stellen. Das erste Ergebnis einer solchen Prüfung wird sein, dafs die gegen die Vulkantheorie vorgebrachten Einwände nicht in zu kategorischen Ausdrücken ausgesprochen werden dürfen. So hat man sich, wenn man die Existenz einer irgend beträchtlichen Atmosphäre auf unserem Trabanten geleugnet hat, bisher immer nach Bessels Vorgang auf die ungefähr vollkommene Identität der Zahlen gestützt, welche einerseits die Meridianbeobachtungen, andererseits die Sonnenfinsternisse und Sternbedeckungen für den Monddurchmesser ergeben. Sicher müssten diese beiden Werte, wenn der Mond eine mit derjenigen der Erde vergleichbare Gashülle hätte, wegen der Strahlenbrechung in dieser Hülle verschieden sein. Zu Bessels Zeit gestatteten die vertrauenswürdigsten Beobachter, die Realität einer solchen Verschiedenheit in Zweifel zu ziehen. Aber seitdem sind zahlreiche Sternbedeckungen durch den Mond beobachtet und diskutiert worden, und alle diese Arbeiten ohne Ausnahme ergaben für den Durchmesser unseres Trabanten einen merklich geringeren Wert als die Meridianbeobachtungen. So wird der Stützpunkt der Besselschen Arbeit geschwächt, und die Realität einer Atmosphäre an der Mondoberfläche sollte als sicher angesehen werden, wenn die durch die beiden Methoden gelieferten Werte definitiv wären. In Wahrheit kann man dieser Atmosphäre keine sehr hohe Dichtigkeit beimessen, aber es ist sehr wahrscheinlich, wenn nicht gewifs, dafs diese Dichtigkeit ehemals viel stärker als heute war. Übrigens ist die Existenz einer Atmosphäre von sehr hohem Brechungsvermögen nicht die unerläfsliche Bedingung für vulkanische Ausbrüche; in Wirklichkeit ist die gewöhnliche Ursache der Explosion das Vorhandensein von eingezogenem oder in Höhlungen stehendem Wasser in grofsen Tiefen. Die Menge eingeschlossener Gase oder Dämpfe mufste in der Mondrinde zufolge der rascheren Erkaltung relativ beträchtlicher als in der Erdrinde sein, und die Schwäche des Druckes an der Oberfläche mufste ihre fernere Befreiung erleichtern. Diese beiden Umstände gestatten uns, den Mond a priori als

ein besonders günstiges Feld für die Offenharungen eruptiver Kräfte anzusehen. Wenn wir also auf unserem Trahanten mit hinreichender Genauigkeit die Charakterzüge, welche die Erfahrung als Wirkungen der Luft, des Wassers und vulkanischer Aushrüche erkannt hat, wiederfinden, so müssen wir die Intervention jedes dieser Agentien oder aller drei zugleich unbedenklich zugehen. Nun zeigt die Prüfung der Photogramme eine gewisse Zahl allgemeiner Thatsachen, die unabhängig von jeder Theorie sich aussprechen lassen und als Ausgangspunkt dienen müssen, wenn man den Grad von Wahrscheinlichkeit für die verschiedenen möglichen Erklärungen abschätzen will. Die hedeutendsten unter diesen Thatsachen sind die folgenden:

1. Die Gehirgsgegenden auf dem Monde werden auf grofsen Strecken von gradlinigen Rillen durchkreuzt, in deren Verlauf zahlreiche Trichter sich gehildet haben. 2. Diese Rillen, welche auf mehrere parallele Systeme verteilt sind, dienten häufig dem Umrisse der Krater als Grenzen und trugen so dazu hei, dafs dieselhen die Form eines Vielecks annahmen. 3. Die grofsen Krater haben das Streben, sich zu zweien, dreien oder vieren nach hestimmten Richtungen, die mit derjenigen der geradlinigen Rillen derselhen Gegend ühereinstimmen, in Reihen zu ordnen. 4. Nicht selten sieht man sie mit einem mehr oder weniger vollständigen Gürtel von Nebenkratern umgehen: die Firstlinie des Walles ist ein bevorzugter Ort für die fernere Bildung von Trichtern oder Explosionsherden. 5. Wenn so mehrere Krater in einander eingreifen, so ist der kleinere gewöhnlich auch der tiefere und hesitzt allein einen vollständigen Wall und einen Centralherg. 6. In den tiefsten Kratern wird das Innere gewöhnlich von zahlreichen, um einen Centralberg gruppierten Hügeln rauh gemacht. Ist der Boden weniger tief herabgedrückt, so zeigt er sich als glatte Ebene, ans der der Centralherg allein aufragt. Ist er noch höher gehoben, so verschwindet der Centralberg, und das ganze Innere gewährt einen einförmigen Anblick, der ganz dem der Meere analog ist. Eine letzte Kategorie bilden Krater ohne innere Depression, bei denen der Ringwulst noch allein vorhanden hleibt, zwar häufig unvollständig und zur Hälfte versunken. 7. Die grofsen als „Meere“ hekannten Ebenen haben im allgemeinen Kreisform und unterscheiden sich nur durch ihre Ausdehnung von den grofsen Kratern. Nur ausnahmsweise zeigen sie an ihrer Oherfläche die Kegel, Trichter und geradlinigen Rillen, die auf den Hochehenen so zahlreich vorkommen. Ihr Umrifs wird häufig durch einen einfachen oder doppelten Spalt bezeichnet, der die Grenze der Ebene und der Gebirgsgegend angieht. Auch an der

Oberfläche der Meere sieht man hervorspringende Adern von wenig bestimmtem Relief, welche ebenso wie die Spalten koncentrisch mit dem Walle angeordnet sind. 8. Die Meere sind gewöhnlich düster gefärbt ebenso wie die inneren Ebenen der Krater, die Hochebenen sind von hellerer Farbe. Ein besonderes Weifs bedeckt die Centralberge vieler Krater. 9. Die Oberfläche des Mondes erweist sich als von einer grofsen Menge von weifsen Flecken gesprenkelt. In den meisten Fällen sehen wir sie die Umgebungen eines kleinen oder mittelgrofsen Kraters bedecken, und wenn die centrale Öffnung zu fehlen scheint, so kann man mit einer an Gewifsheit grenzenden Wahrscheinlichkeit behaupten, dafs eine verschiedene Beleuchtung ihr Vorhandensein enthüllen würde. Alle Krater einer und derselben Gegend sind manchmal von diesen weifsen Aureolen umgeben. Eine besondere Auszeichnung unter diesen Objekten verdienen die sonderbaren Strahlen, welche um eine kleine Zahl von Centren bis zu ungeheuren Entfernungen verlaufen. 10. Die divergenten Strahlen lassen das Relief der von ihnen durchzogenen Gegenden unberührt und überschreiten ohne Ablenkung Ebenen und Berge, ohne ein Streben zu verraten, durch die Thäler zu verlaufen."

Bereits bei einer früheren Gelegenheit haben Löwy und Puiseux über die Natur der gewaltigen Rillen sich ausgesprochen. Der Mond hat nach ihnen eine feurig-flüssige Jugendzeit verlebt, die mit der Bildung von Schlacken infolge der Erkaltung ein allmähliches Ende fand. Diese Schlacken sollen zu immer gröfseren Schollen zusammengetreten sein und sich schliefslich dort, wo zwei von ihnen infolge von Strömungen auf der flüssigen Oberfläche an einander stiefsen, mit einander verlötet haben; diese Lötstellen nun seien die Rillen. Auf diese Urzeit des Trabanten folgt nun eine zweite Periode, die mit der Bildung einer zusammenhängenden Rinde beginnt und zu der die Lavamassen des geprefsten Innern, das noch die jugendliche Glut behält, „unter dem Einflusse der Erdanziehung oder irgend einer anderen Ursache" an gewissen Punkten sich anhäufen und, da sie keine freien Ausgänge nach der Oberfläche mehr finden, sich neue schaffen müssen.

In einer erst mittelmäfsig widerstandskräftigen Schale äufsert sich dieses Streben in der Bildung von Spalten. Lavamassen ergiefsen sich durch den so geöffneten Weg zur Mondoberfläche. Sie werden alsbald starr, indem sie den Teilen, die sie bedecken, den Anblick glatter Ebenen verleihen.

Mit der Zeit wird die Rinde starrer; sie öffnet sich nur noch unter dem Einflusse innerer Drucke, die mächtig genug sind, um sie

zu erheben und so Hervorragungen zu erzeugen, denen Aufschmelzungen folgen. Dieee dritte Periode ist die, in der die grofsen Krater ersoheinen.

Endlich müssen die Erhebungen in den Ausnabmezuetand übergeben und eich auf immer engere Gebiete bescbränken. Dagegen bleiben allgemeine Absenkungen möglich, und eie müesen eich sogar auf desto gröfeere Oberflächen erstrecken, je fäbiger die Kruste wird, eich ohne Stütze zu halten. So werden wir darauf gefübrt, eine vierte Periode, die der allgemeinen Absenkungen zu unterscbeiden, welcbe die als „Meere" bekannten Senken erzeugen.

Flecke und Streifen, welcbe die Meere, Hochebenen, Wälle und den Boden der Krater untersohiedslos bedecken, zeigen sicherlich eine neuere Tbätigkeitepbase an ale das Feetwerden der Oberfläcbe der Meere. Man kommt eo zur Betrachtung einer fünften Periode, derjenigen, in welober wegen der immer wacbeenden Dicke der Rinde nur noch die intensivsten vulkaniecben Kräfte dazu gelangen, sich durch heftige, zeitweilige, auf wenig ausgedehnte Öffnungen beeobränkte Eruptionen zu offenbaren. Diese Erscheinungen verwandeln teilweise die Farbe des Bodene, obne seine Hauptcharaktere zu verwiechen.

Weifse Streifen, von beetimmten Centren auegebend, etrablen naoh allen Richtungen aus und verbreiten eich manchmal auf beträohtliobe Entfernungen. Ihr jüngeres Alter wird daduroh bewiesen, dafe sie das Antlitz der von ibnen durcbquerten Gegenden durcbaus unberührt laseen, und die Gesamtheit ihrer Charaktere bringt zu Gunsten der vergangenen Exietenz einer Mond-Atmoephäre einen Beweis bei, dem man eioh ecbwer entzieben kann.

Alle auffallenden und gut charakterisierten Züge der Mondoberfläche können, wie wir glauben, in den eben gezogenen Rahmen einbegriffen werden. Wir haben dabei die Wirkung keiner andern Kräfte, ale solcber, die wir auf der Erde arbeiten seben, in Betracht zu zieben gebabt, und die Ungleichbeit der Wirkungen erklärt eiob aus den Unterscbieden der phyeikaliechen Bedingungen. Der Wärmeverluet, der auf der Mondkugel rascber vor sich geht, mufs bier eher als auf der Erde die Periode der vulkanischen Ausbrüche zum Abscblueee bringen. Aber ee iet niobt sioher, ob diese Ära absoluter Rube für den Mond echon gekommen ist: die Vergleichung der Höhen zwiscben den Hocbebenen, dem Boden der Krater und der Oberfläche der Meere legt die Vermutung nahe, dafe zu der Zeit, ale eich dieee Charakterzüge bildeten, die Dicke der etarren Scbicht 10 km nicbt übersohritt. Das iet nur ein sehr eobwacher Bruchteil des Monddurchmessere, und

man kann kaum zugehen, dafs der von vollständiger Erkaltung noch soweit entfernte Himmelskörper damals seine endgültige Gestalt hat annehmen können. Bei dem Mangel jeder genauen Angabe über das Alter dieser Erscheinungen, dürfen wir allgemeine Bewegungen der Rinde sowie vulkanische Ereignisse, analog denjenigen, welche die Bildung der weifsen Streifen herbeigeführt haben, noch als möglich ansehen." — r.

Zur Frage nach der Rotation der Venus. Unter den Astronomen, welche die Schiaparellische Annahme einer sehr langsamen Rotation unseres inneren Nachbarplaneten auch zu der ihrigen machten, war





seiner Zeit der Direktor der Nizzaer Sternwarte, Perrotin, der erste, der auch durch eigene Wahrnehmungen die Behauptung des Mailänder Forschers bestätigen konnte, wie wir im dritten Bande dieser Zeitschrift (Seite 230) berichteten. Trotz dieses gewichtigen Zeugnisses wurden in jüngster Zeit von verschiedenen, zum Teil noch nicht durch vorhergegangene Probeleistungen in der Gelehrtenwelt akkreditierten Seiten Stimmen laut, die mit grofser Zuversicht eine ca. 24stündige Rotationsdauer der Venus festgestellt zu haben behaupteten. Daraufhin hat nun Perrotin im letzten Dezember und Februar seine Venusbeobachtungen von neuem aufgenommen und sich zu diesem Zweck sogar auf den 2741 m hohen Seealpenberg Mounier begeben, wo der um die Förderung der Astronomie durch seine vorangegangenen Stiftungen bereits so hochverdiente Banquier Bischofsheim vor kurzem eine Filiale des Nizzaer Observatoriums errichtet hat. In der reinen Höhenluft, welche hier die Bilder noch weit klarer erscheinen liefs als auf dem nur 370 m hohen Mont Gros, zeigte sich nun wieder

wie früher das Aussehen der Lichtgrenze des Planeten zu verschiedenen Stunden gar nicht verändert, und die westliche Lichtgrenze, welche diesmal sichtbar war, bot im wesentlichen das nämliche Ansehen wie 1890 die östliche. Dadurch sieht Perrotin es als ziemlich sichergestellt an, dafs die Rotationsdauer der Venus nicht nur eine sehr grofse ist, sondern sogar direkt mit der Umlaufsperiode übereinstimmt. — Der in unserem, nach Perrotins Zeichnung hergestellten Bilde sichtbare, dunkle Streifen zeigte zu den verschiedenen Beobachtungsepochen leichte Schwankungen, die auf eine Art Libration in Breite zurückgeführt werden können und beweisen würden, dafs die Umdrehungsachse des Planeten ebensowenig wie die unseres Mondes auf der Bahnebene senkrecht steht. F. Khr.

Ein Stück vom Bielaschen Kometen im Gewicht von 4,090 kg befindet sich gegenwärtig in den Händen des Herrn Hidden zu Newark U. S. Bekanntlich rühren die in der Nacht des 27. November alljährlich in gröfserer Anzahl fallenden Sternschnuppen von dem verschollenen Bielaschen, periodischen Kometen her, der sich aller Wahrscheinlichkeit nach in eine Unzahl kleinster Körperchen aufgelöst hat, von denen alljährlich am 27. November einige durch unsere Erde aufgefangen werden, da wir an diesem Tage die Bahn des ehemaligen Kometen kreuzen. Hatte man nun auch schon öfter unter den Biela-Sternschnuppen solche von bedeutender Helligkeit wahrgenommen, so war doch bis jetzt von dem etwaigen Herabkommen greifbarer Meteoriten aus diesem Schwarm noch nichts Sicheres bekannt geworden. Erst jetzt wird durch zwei von Dr. Brezina in den „Annalen des Wiener Hofmuseums“ veröffentlichte Briefe des Prof. Bonilla, Direktors der Sternwarte in Zacatecas (Mexico), weiteren Kreisen bekannt, dafs bei Gelegenheit des überaus prächtigen Bielidenphänomens am 27. November 1885 in der Nähe der Stadt Mazapil um 9 Uhr abends ein wahrscheinlich[1]) zu dem Bielidenschwarm gehöriges Meteor von dem oben angeführten Gewicht gefallen ist, das durch den genannten Astronomen zur mineralogischen Untersuchung seiner Zeit an den Mineralogen W. E. Hidden in Newark gesandt worden ist. F. Khr.

[1]) Freilich ist auch die Möglichkeit eines blos zufälligen, zeitlichen Zusammentreffens eines sporadischen Meteors mit dem Bielidenschwarm bei dem Mangel näherer Angaben über die Flugrichtung durchaus nicht ausgeschlossen.

Die Bedeutung der meteorologischen Station auf dem Brocken.

Wie schon aus Zeitungsnotizen bekannt ist, wurde am 31. Mai dieses Jahres das meteorologische Observatorium auf dem Brocken in Gegenwart des preufsischen Kultusministers und von Vertretern der Braunschweigischen Regierung und der fürstlich Wernigeroder Kammer eingeweiht, nachdem die Beobachtungen selbst schon am ersten Oktober 1895 begonnen hatten. Die Veranlassung zu einer solchen Feier gab schon allein das Bedürfnis, den zahlreichen Gönnern und Förderern dieses Unternehmens öffentlichen Dank auszusprechen und ihnen den Erfolg zu zeigen, welchen das Zusammenwirken staatlicher und privater Bemühungen schliefslich gehabt hat. Die Meteorologen aber mufste die Eröffnung gerade dieser Station mit besonderer Genugthuung erfüllen, da mit ihr einer der meteorologisch wichtigsten Punkte Deutschlands nach langen vergeblichen Kämpfen der Wissenschaft endgültig wiedergewonnen ist.

Am unmittelbarsten wird die Klimatologie von dieser Station Nutzen ziehen. Wir haben zwar aus den Jahren 1836 bis 1867 sehr sorgfältige, fast lückenlose Aufzeichnungen, welche uns schon ein recht übersichtliches Bild von den klimatischen Eigentümlichkeiten des Brockens geben, welche aber andrerseits entsprechend den Fortschritten der Wissenschaft mancherlei Bestätigung und Ergänzung bedürfen. Beispielsweise liegen nur ganz unsichere Messungen und Schätzungen der Niederschlagsmenge vor, da besonders bei Schneetreiben der in das Auffangegefäfs gefallene Schnee wieder herausgeweht oder aufgewirbelter Schnee hineingeweht wird. Aufserdem wird durch das bei Stürmen schräge Einfallen des Niederschlages sowie durch den Ansatz von Rauhreif der wirksame Querschnitt des Regenmessers verringert. Man hat deshalb jetzt drei grofse Gebirgs-Regenmesser im Nordwesten, Süden und Osten des Hôtels 2 m hoch aufgestellt, so dafs zu hoffen ist, jederzeit wenigstens einen windgeschützten und damit zuverlässigen Apparat zu haben.

Es ist selbstverständlich, dafs auch die übrigen meteorologischen Elemente in einem gegen früher weit gröfseren Umfange verfolgt werden. Richardsche Aneroid-Barographen und Alkohol-Thermographen gestatten eine fortlaufende Aufzeichnung von Luftdruck und Temperatur, während Quecksilberbarometer und Assmannsche Aspirations-Psychrometer zur Herleitung der Normalwerte an drei Stunden des Tages dienen. Auch die Windgeschwindigkeit wird wenigstens dreimal täglich an einem Robinsonschen Schalenkreuz in absolutem Mafse (Meter pro Sekunde) abgelesen. Zu Vergleichen

mit den meteorologischen Verhältnissen in geringer Höhe bestehen jetzt mehrere Stationen zweiter Ordnung an den Abhängen des Harzes und etwas weiter entfernt zwei mit Registrier-Instrumenten ausgerüstete Observatorien erster Ordnung: die Wetterwarte in Magdeburg und das von Herrn Stanhope Eyre privatlich geleitete Observatorium in Uslar.

Eine solche Erweiterung der Beobachtungen und des Beobachtungsnetzes hat den Brocken erst geeignet gemacht für dynamisch-meteorologische Studien. Mit Recht gilt der Brocken als Wolken-



Meteorologisches Observatorium auf dem Brocken.

sammler und Wetterprophet, denn er ist ganz frei den Winden ausgesetzt und namentlich nach Südwest, West und Nordwest bis auf weite Entfernungen der höchste Punkt. Wir haben also eine vorzügliche Gelegenheit, die Luftströmungen in dieser Höhe und die Veränderungen, welche sie in den darunter liegenden Schichten erfahren, zu untersuchen. Am einfachsten sind die Fälle im Innern eines barometrischen Hochdruckgebietes. Einige Beispiele hierfür hat schon der Unterzeichnete auf Grund eines Winter-Aufenthaltes im Jahre 1893/94 gegeben, und ein ganz ähnlicher Fall ist in der Festschrift, welche den Teilnehmern an der Einweihungsfeier am 31. Mai überreicht wurde, von Prof. Assmann behandelt. Es liefs sich hier-

bei die absteigende Luftbewegung im Innern und am Rande eines barometrischen Maximums und die dabei durch Kompression eintretende Wärme und relative Trockenheit mit voller Deutlichkeit nachweisen. Am 4. Februar 1896 morgens war der Brocken mit +6° C der wärmste Ort auf einem Gebiete, welches durch eine von Rom nach Madrid, von dort nach Dublin und Christiansund gezogene Linie umgrenzt wird. Erst am Abend macht sich diese Erwärmung in den Harzthälern geltend, und am 5. Februar tritt der Witterungsumschlag ein, welcher einer so extremen Temperaturverteilung fast immer folgt. Durch zahlreiche Diagramme sind in der Festschrift die sich entsprechenden Verhältnisse von Luftdruck und Temperatur sehr anschaulich dargestellt. Weit schwieriger gestaltet sich die Untersuchung von Depressionen, da der Brocken bei dem Herannahen eines feuchten Luftstromes sich sofort in eine undurchdringliche Nebelschicht hüllt und nun ein etwas eintöniges, von der umgebenden freien Atmosphäre vielfach abweichendes Verhalten zeigt. Jedoch bietet die Beobachtung der Kondensationserscheinungen an sich schon viel des Interessanten, und es ist beispielsweise durch Versuche auf dem Brocken von Prof. Assmann der Nachweis geführt, dafs die Nebelteilchen nicht aus hohlen Bläschen, sondern aus massiven Tröpfchen bestehen. — Über die Bedeutung des Brockens für Zwecke der Wetterprognose wird man vor Anstellung direkter Versuche kaum etwas aussagen können, denn die Meteorologie ist gerade in diesem Punkte in erster Linie eine Erfahrungswissenschaft.

Von dem Gebäude des Brocken-Observatoriums giebt das vorstehende Bild, welches von Herrn Eyre aus Uelar bei Gelegenheit der Einweihung aufgenommen wurde, eine Vorstellung. Man hat sich darauf beschränkt, einen zweistöckigen turmartigen Anbau am Hôtel (auf dem Bilde rechts) auszuführen; das unterste Geschofs bildet das Wohnzimmer des Beobachters, im ersten Stock befindet sich das für vorübergehenden Aufenthalt bestimmte Gelehrtenzimmer, im zweiten der eigentliche Beobachtungsraum. Darüber sind auf einer Plattform, welche das Dach des Brocken-Hôtels überragt, die wichtigsten Instrumente — Thermometerhütte, Strahlungsthermometer, Sonnenschein - Autograph, Windfahne und Anemometer — aufgestellt. Besondere Sorgfalt wurde darauf verwandt, einen für den Beobachter behaglichen Aufenthaltsort zu schaffen, da das Brocken-Hôtel im Winter nur recht ungenügenden Schutz gegen Sturm und Kälte bietet. Das Gebäude ist zu dem Zwecke aus doppelten, durch eine Luftschicht isolierten Holzwänden hergestellt und innen ganz mit Linoleum belegt. Die Heizung geschieht aus-

schliefslich durch Dauerbrand - Öfen mit Anthracitfeuerung. Die Erfahrungen des letzten Winters haben gelehrt, dafs auch ein solcher Wärmeschutz bei heftigen Winden noch kaum ausreichend ist.

R. Süring.

Über die Messung von Wolkenhöhen.

In den gröfseren meteorologischen Observatorien wird nach internationalem Übereinkommen von Juli 1896 bis Juli 1897 den Wolkenmessungen besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Auf die Notwendigkeit solcher Bestimmungen ist in dieser Zeitschrift (Band 4 und 6) schon wiederholt kurz hingewiesen, und es mufste dabei erwähnt werden, wie wenig bisher auf diesem Gebiete gearbeitet sei. Es ist daher mit besonderer Freude zu begrüfsen, dafs kurz vor Beginn des „internationalen Wolkenjahres" noch zwei Abhandlungen von Prof. Kayser[1]) in Danzig und von Prof. Koppe[2]) in Braunschweig erschienen sind, welche wertvolle Fingerzeige und Beiträge für die systematische Behandlung dieser Frage liefern.

Im allgemeinen läuft die Höhenbestimmung einer Wolke darauf hinaus, dafs mit zwei etwa 500 bis 2500 m von einander entfernten Theodoliten nach telephonischer Verständigung Höhe und Azimut eines bestimmten Wolkenpunktes gemessen werden. Zur Höheuberechnung würden drei dieser Winkel ausreichen, jedoch liefert der vierte Winkel eine willkommene Kontrolle für die Güte der Messung. Prof. Kayser hat nun dieses Verfahren nach Art der astronomischen Passagenbeobachtungen etwas abgeändert, indem er bei Parallelstellung beider Instrumente die Antritte von Wolkenobjekten an einem mit Teilung versehenen Durchmesser des Gesichtsfeldes von beiden Beobachtern im gleichen Moment notieren läfst. Der höohst sinnreich konstruierte Apparat hat im Prinzip einige Ähnlichkeit mit dem Ekholmschen Wolken-Äquatoreal, er hat mit diesem den Vorzug einer leichten Identifizierung der Wolkenpunkte, einer einfachen Handhabung und bequemen Berechnungsmethode gemein, gestattet jedoch nicht die Genauigkeit der Koppeschen photogrammetrischen Methode, auch dann nicht, wenn die direkte Ablesung durch photographische Aufnahme ersetzt wird. Der Abhandlung sind die Resultate

[1]) E. Kayser. Wolkenhöhenmessungen. Schriften der Naturf. Ges. Danzig. N. F. Baud 9. 1895. 68 S. 5 Taf. Preis: 2 M.

[2]) C. Koppe. Photogrammetrie und internationale Wolkenmessung. Braunschweig. (F. Vieweg u. Sohn) 1896. 108 S. 5 Taf. Preis: 7 M.

von etwa 1500 Messungen der Wolkenhöhen aus dem Sommer 1895 sowie einige korrespondierende photographische Aufnahmen beigegeben, so dafs der Leser einen gründlichen Einblick in dieses zum gröfsten Teil mit den Mitteln der naturforschenden Gesellschaft in Danzig ausgeführte Unternehmen erhält.

Die zweite hier zu nennende Arbeit, das kleine Werk von Prof. Koppe über Photogrammetrie und internationale Wolkenmessung, wird nicht allein den Meteorologen, sondern auch denjenigen, welche sich für die Anwendung der Photogrammetrie in der Astronomie und Geodäsie interessieren, sehr willkommen sein, denn neben der Benutzung des Phototheodoliten zu Wolkenmessungen wird namentlich auf dessen Bedeutung bei geographischen Ortsbestimmungen aufmerksam gemacht. Auf die Einzelheiten des Verfahrens braucht hier nicht eingegangen zu werden, da erst vor kurzem in dieser Zeitschrift (Maiheft 1896. S. 370—373) Prof. Koppe selbst das Wichtigste hierüber mitgeteilt hat. Das vorliegende Buch behandelt sehr eingehend die konstruktiven Einzelheiten des verbesserten Phototheodoliten, die photographischen Objektive, das Messungsverfahren und die Genauigkeit der erhaltenen Resultate. Was speziell die Wolkenmessung betrifft, so bestand bisher keineswegs Klarheit über die bequemste und zuverlässigste Form der Messung und Berechnung, und es machto sich dieser Mangel bei den Vorarbeiten zum „internationalen Wolkenjahr“ häufig störend bemerkbar. Diesem Übelstand ist jetzt abgeholfen. Es mag noch erwähnt werden, dafs die Koppesche photogrammetrische Methode die Wolkenhöhen im Mittel bis auf 1% genau liefert; es ist das eine ungefähr fünfmal gröfsere Genauigkeit, als bisher bei direkten Beobachtungen erreicht ist.

Sg.

Bibliographisches

E. Mach: Populär-wissenschaftliche Vorlesungen. Leipzig, A. Barth, 1896.

Diese Vorlesungen des bekannten Wiener Professors sind innerhalb eines 30 Jahre umspannenden Zeitraumes gehalten worden und lassen deutlich erkennen, dafs das Mafs von Popularität, welches der Verfasser ihnen geben wollte, mit der Zeit und der Gelegenheit manchen Wechsel erfahren hat. Es läfst sich ja auch nicht jede Materie gleich volkstümlich behandeln. Ohne jemals seicht zu sein, weifs der Verfasser durch die Ausschmückung mit guten Bildern und Beispielen den Stoff der physikalischen Vorträge seinen Lesern nahe zu bringen. Mit Vorliebe behandelt er dabei Fragen aus der Sinnesphysiologie in musterhaft populärer Darstellung.

Gröfsere Anforderungen verlangt er freilich in einer Reihe von Vorlesungen, welche seiner Geistesart näher zu liegen scheinen. Diese behandeln Fragen von grundlegender Bedeutung, die gerade jetzt wieder einmal im Vordergrunde des Interesses stehen. In unserer Zeitschrift hat Professor Volkmann an verschiedenen Stellen[1]) darauf hingewiesen, welchen Täuschungen man unterworfen ist, wenn man die Hypothesen, welche die Wissenschaft nur als eine Art Handhabe einführt, als die festgemauerten Grundsteine des Wissens ansieht, gerade weil es die Aufgabe der Forschung gar nicht ist, nach Ursachen zu suchen, sondern — wie Kirchhoff das zuerst für die Mechanik ausgesprochen hatte — eine möglichst vollständige und umfassende Beschreibung der Naturerscheinungen zu liefern. Eine neue Brandfackel in die alten hypothetischen Wahnbauten hat auf der vorjährigen Naturforscher-Versammlung Professor Ostwald geworfen, der an Stelle der atomistischen Behandlung physikalischer und chemischer Fragen diese auf den Energieumsatz gegründet wissen will. Auch Mach zeigt uns, dafs der Glaube, „wie herrlich weit wir es gebracht“ in nichts zusammenfällt, wenn er etwa die erste beste physikalische Thatsache für erklärbar, um nicht zu sagen, für erklärt, ansieht. Wir erfahren, dafs die Grundlagen der Mechanik, die Atome und die Kräfte, nur mythologische Gebilde sind und dafs die künftige Forschung die Begriffe Ursache und Wirkung, die einen starken Zug von Fetischismus haben, ihrer formalen Unklarheit wegen hoffentlich beseitigen wird. Wir lernen den wahren Wert des physikalischen Begriffes kennen als „eines Antriebes zu einer vergleichenden oder konstruierenden Thätigkeit“ und werden belehrt, dafs das Wesen der Forschung nur in einer immer weiter getriebenen Ökonomie des Denkens besteht. Was wir eigentlich wissen, zeigt der Autor sehr klar am Beispiele des Prinzips von der Erhaltung der Energie, wobei er die Anwendung der Mathematik nicht scheut und freilich seinen Lesern auch das Verständnis des Integrals der Entropie zumutet. Wie auf der Grundlage des ausgeschlossenen perpetuum mobile allmählich die Erhaltung der Energie in der Mechanik und die Gesetze ihrer Umwandlung in Wärme und elektrische Energie sich auf-

[1]) Himmel und Erde, Bd. VI S. 57 ff., Bd. VIII S. 345 ff.

bauten, das wird zur klaren Erfassung gebracht, zugleich aber auch darauf hingewiesen, dafs nichts uns berechtigt, anzunehmen, dafs damit auch die Identität aller dieser Energiearten bewiesen sei. Wir wünschen, dafs der Verfasser, welcher den relativen Bildungswert der naturwissenschaftlichen Fächer gegenüber den philologischen so hoch schätzt, recht viele Leser finden und seine Vorlesungen zur Klärung über die physikalischen Anschauungen in möglichst weiten Kreisen beitragen mögen. Da sie verschieden vorgebildete Leser voraussetzen, wird jeder daraus belehrt werden. Sm.

Th. Funck-Brentano: Méthode et Principes des sciences naturelles. Introduction à l'étude de la médecine. Paris, Bataille & Cie, 1896.

„Zuerst Collegium logicum", so war es vordem nicht blofs für Philosophen, sondern auch für Mediziner vorgeschrieben, bis man nachgerade einsah, dafs die dem Geiste aufgezwängten spanischen Stiefel den Denkfähigen ihre Arbeit nicht leichter machten und den Unfähigen nichts halfen. Aber die wissenschaftliche Methode der Induktion ist für jeden ein Stoff gröfsten Interesses, und die Beantwortung der Frage: wie sind die grofsen Geister zu ihren epochemachenden Entdeckungen gelangt? mufs insbesondere für die Novizen der Wissenschaft instructiv sein. Diese Methode wird hier an einer Reihe gut gewählter Beispiele durchgeführt — nicht trocken und lehrhaft — sondern so, dafs man überall angeregt wird.

In einem zweiten Abschnitte über die Prinzipien in den Naturwissenschaften wird man über das, was man die allgemeinen Eigenschaften der Körper nennt und über die verschiedenen Formen der Energie belehrt, so dafs man einen klaren Überblick über den gegenwärtigen Stand der einschlägigen Fragen erhält. Ein dritter handelt von den kosmogonischen Hypothesen, denjenigen über das Erdinnere und das erste Erscheinen des Lebens. Ein Anhang über die Photographie des Unsichtbaren informiert schon über die X-Strahlen. Man kann dem Verfasser, der viele philosophische Bücher geschrieben hat und Professor des Völkerrechts in Paris ist, ein umfangreiches und sicheres Wissen auf dem hier behandelten Gebiete nicht absprechen und mufs seine Darstellung als eine äufserst gefällige, interessante bezeichnen. Sm.

Webers illustrierte Katechismen. Leipzig, 1893. H. J. Klein, Astronomie. 8. Auflage. Preis geb. 3 M. W. J. van Bebber, Meteorologie. 3. Auflage. Preis geb. 3 M. H. Schurtz, Völkerkunde. Preis geb. 4 M.

Die nunmehr schon sehr reichhaltige Kollektion der illustrierten Weberschen Katechismen ist durch die Schurtzsche Völkerkunde um eine recht schätzenswerte Nummer bereichert worden. In knapper, deutlicher Darstellung führt das Büchlein sowohl in die allgemeine, als auch besonders in die spezielle Völkerkunde ein. Die reiche Verzweigung der menschlichen Gattung in Rassen, Volksgruppen und Einzelstämme findet eine übersichtliche Gruppierung, und von jedem Volkstypus wird uns durch kurze Angabe charakteristischer Eigentümlichkeiten ein möglichst anschauliches Bild entworfen, das vielfach noch durch zweckdienliche Illustrationen verdeutlicht wird.

Auch die beiden anderen, oben angeführten Bändchen fassen in treffender Kürze die wesentlichen Lehren der betreffenden Wissenszweige zusammen, und die Thatsache, dafs bereits mehrere neue Auflagen nötig wurden, beweist, dafs sich auch diese Nummern im Publikum gut eingeführt haben. Die Neubearbeitung hat beide Bändchen durchaus dem gegenwärtigen Standpunkt der Wissenschaft angepafst, wenigstens haben wir bei der Durchsicht derselben keine Stellen aufgefunden, bei denen die Berücksichtigung neuerer Forschungsergebnisse zu vermissen wäre. F. Kbr.

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann.

Unsere Leser auf das gedeihliche Fortschreiten dieser bereits wiederholt besprochenen Sammlung historisch bedeutsamer, wissenschaftlicher Abhandlungen nochmals aufmerksam zu machen, wollen wir nicht unterlassen. Über die Abhandlungen selbst brauchen wir kein Wort zu sagen, sind es doch diejenigen Publikationen, auf denen der gegenwärtige Stand der exakten Wissenschaften beruht. Die Auswahl ist eine sehr zweckmäfsige, indem ältere und neuere „Klassiker“ in bunter Folge erscheinen und somit verschiedenartige Wünsche in gleichem Mafse befriedigt werden. Jede Abhandlung wird durch historische und sachliche Anmerkungen dem Verständnis der heutigen Generation näher gerückt, sodafs in der That zu hoffen steht, dafs der Zweck der Sammlung, den historischen Sinn der Jünger der Wissenschaft zu heben vollauf erreicht werden wird. Die Zahl der bis jetzt erschienenen Nummern beläuft sich auf nahe 80, von den zuletzt erschienenen seien hier nur genannt: Kirchhoff und Bunsen, Chemische Analyse durch Spektralbeobachtungen; L. Meyer und Mendelejeff, Abhandlungen über das natürliche System der chemischen Elemente; Euler, Abhandlungen über sphärische Trigonometrie. — Die allgemeine Redaktion liegt übrigens von jetzt ab in den Händen des Prof. von Oettingen, während Prof. Ostwald nur noch die Abteilung für Chemie leitet. Die Leitung der Abteilung für Astronomie ist von Prof. Bruns übernommen worden.

Im Interesse weitester Verbreitung ist mit No. 73 der Preis auf 0,25 M. für den Druckbogen festgesetzt worden, soweit nicht Illustrationsbeigaben eine entsprechende Preiserhöhung erforderlich machen. F. Kbr.

Zeitschrift für angewandte Mikroskopie, herausgegeben von G. Marpmann. Leipzig, Verlag von Robert Thost. Preis vierteljährlich 2,50 M.

Diese neue, monatlich in einem Umfang von etwa 2 Druckbogen erscheinende Zeitschrift hat mit der letzten März-Nummer ihren ersten Jahrgang abgeschlossen. Überblicken wir das in diesen 12 ersten Heften Gebotene, so werden wir der Redaktion die Anerkennung nicht vorenthalten, dafs sie in geschickter Weise das Interesse an praktisch mikroskopischen Studien in weiteren Kreisen zu beleben und zu erhalten bemüht gewesen ist und damit ihrem in der ersten Nummer aufgestellten Programm, nicht sowohl dem Fachmann, als vielmehr allen denjenigen höher Gebildeten, die das Mikroskop mehr aus Liebhaberei benutzen, ein anregender Ratgeber zu sein, treu geblieben ist. In Bezug auf die Auswahl des Stoffes scheint die Redaktion noch in einigem Schwanken begriffen zu sein, doch steht zu erwarten, dafs dieses Probierstadium bald überwunden werden wird und dafs alsdann die Zeitschrift stetig nur solche Materien ausführlicher behandeln wird, die ihrem Leserkreis am meisten zusagen. Leser, für welche die Zeitschrift in erster Reihe bestimmt ist, werden sich vorwiegend in den Kreisen der Ärzte und Apotheker finden. Als Anhang wird ein Lexikon der angewandten Mikroskopie beigegeben, das im ersten Jahrgang bis zum Artikel Bakterien gelangt ist. F. Kbr.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Überschwemmter Eisenbahndamm bei Kienholz.



Murgang mit Trümmern von Gebäuden in Kienholz.
Photographien Gabler, Interlaken. Aufnahmen 23. VIII. 96.

Himmel und Erde.

Der Murgang des Lammbaches bei Brienz.

Von Prof. Dr. C. **Schmidt** in Basel.

Überall wo im Gebirge das Sammelgebiet der von steilen Gehängen herabfliefsenden Seitenbäche aufserhalb der bewaldeten Zone liegt, bildet die Thätigkeit der Wildbäche eine der wesentlichsten und eigenartigen Erscheinungsformen der Erosion, d. h. der Abtragung des Gebirges und der Weiterverfrachtung der Verwitterungstrümmer. Am Abhang graben die Wildbäche tiefe Schluchten, und in der Thalsohle bauen sie Schuttkegel auf. Die Thätigkeit der Wildbäche ist keine konstante, sie führen nicht wie die Flüsse in den Hauptthälern jahraus jahrein ein gewisses Quantum Geröll zu Thale; zur Zeit der Schneeschmelze, nach heftigen Gewittern oder langen Regenperioden brechen sie plötzlich hervor. Angehäufte lose Gesteinsmassen werden von den wilden Wassern mitgerissen, es entsteht ein Schlamm- und Gesteinsstrom, der sich, alles verheerend, je nach der Neigung des Untergrundes rascher oder langsamer fortbewegt. Diese Wildbachausbrüche heifsen in den deutschen Alpen „Muren" (Murbrüche oder Murgänge). Dies Wort mit dem Grundbegriffe des „brüchigen" gehört zu morsch, mürbe. Derselbe Stamm liegt dem Wort „Moraene" zu Grunde. In der Schweiz ist für Mure der Ausdruck „Rüfe, Rüfinen" gebräuchlich, wahrscheinlich von dem wälschen Wort: rovina, rufina = Bergsturz stammend. Joh. Jak. Scheuchzer leitet (1716) Rüfe von „a rupibus" ab, „von Felsen, welche bei dergleichen Anlässen in die Thäler hinunterfallen oder von anlaufenden Bergwassern mitgenommen werden", vielleicht auch von „a ruina". „als wollte man sagen „Ruinen", mit Auslassung des Buchstabens f, wegen des grofsen Schadens, welchen die Alpen oder Bergweiden,

Sennhütten, ja etwa ganze Dörfer mit ibren Einwohnern daher empfinden."

In dem regenreichen Sommer diesee Jabres hat der **Lammbach**, der, von den Gebängen der Rothhornkette berabkommend, das Aarethal am obern Ende des Brienzersees erreicbt, in mehrfachen Murbrüchen grofse Verheerungen angerichtet.

Kurz bevor die Eisenbahn, von Meiringen herkommend, Brienz erreicht, fäbrt sie auf einer Länge von etwas über 1 km längs des Sees auf dem untern Ende eines grofeen Scbuttkegels; etwa 100 m weiter bergwärts ca. 5 m höher läuft, der Eisenbahn parallel, die Strafse, an deren beiden Seiten die Häuser von Kienholz mitten auf dem Scbuttkegel eteben. Die am 31. Mai, am 20., 21., 22. und 23. August und endlich am 2. September eingetretenen Katastropben haben bier die augenfälligsten Verbeerungen angerichtet. Tausende von Neugierigen baben bier unten die Stätte der Verwüstung besucht. Wäbrend mebrerer Tage, bis Mittwocb den 26. August früh waren Bahn und Strafse unterbrochen, der Verkebr war nur per Schiff über den See möglich. Die zahlreichen mit dem Dampfboot in Brienz ankommenden Reisenden wurden eingeladen, drei grofse Trajektkähne zu besteigen, auf welchen sie mittelet einee Scbleppdampfere ane obere Ende des Sees geführt wurden. Hier wartete am östlichen Ende des Trümmerfeldee der Brünigzug, den man nacb Überschreiten einiger Schlammströme erreicben mufste. Dafs es dabei nicht an Scenen unfreiwilliger Komik gefeblt bat, ist selbstverständlich. Wo früher an der Osteeite des Schuttkegels die Bahn auf einem 2 m hoben Damm mitten durcb Kartoffel- und Bobnenäcker fuhr, durcbquert eie heute auf eine Länge von 350 m eine bis zu ihrem Niveau angebäufte Masse von Steinen und Schlamm, dann liegt beiderseits der Bahn auf eine Länge von 50 m wieder unversehrtee oder nur verschlammtes Land; von neuem aber beginnt die Verwüstung auf einer 150 m langen Strecke bie zum Glyssenbach, der in eicherer, ausgemauerter Schale in den See sich ergiefst.

Die Strafse wurde vollständig zerstört; durcb Holzbrücken ist die Verbindung wieder notdürftig hergestellt. Viele Jucharten schöneten Ackerlandes (ca. $^1/_2$ Quadratkilometer), woblgepflegte Gärten sind eingedeckt unter einer 1—3 m mächtigen Geröll- und Schlammschicbt, aus welcher die Kronen der Obstbäume noch hervorragen. Die Masse des frisch ausgebreiteten Gerölles und Schlammes beträgt zum mindesten eine Viertelmillion Kubikmeter. Acht Häuser etecken metertief im Schlamm, die gemauerten Wände derselben sind zum Teil ein-

gedrückt; Ecken sind weggerissen. Vier Scheunen hat der mit Steinen geladene Schlammstrom gänzlich zertrümmert. Die zum Gasthaus „Tell“ gehörige Remise mit Tanzsaal wurde auf dem zähen Steinstrom schwimmend 100 m abwärts getragen bis auf den Bahndamm, die Hängelampen im Tanzsaal blieben dabei unversehrt an ihrer Stelle (vergl. Figuren 3, 4, 5, 6 und Titelblatt).[1])

Die noch unversehrten Häuser von Kienholz sind bedroht und mufsten selbstverständlich geräumt werden; 48 Familien (280 Personen)

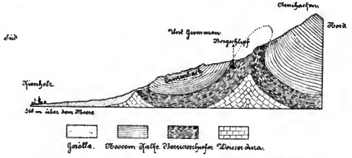


Fig. 1. Geologisches Profil längs der östlichen Seite des Lammbaches.
Mafsstab: 1 : 55555.

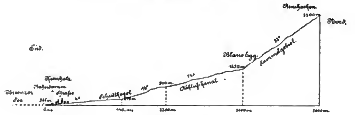


Fig. 2. Profil des Lammbaches.
Mafsstab: 1 : 55555.

sind obdachlos, 27 Hauseigentümer wurden von Haus und Hof vertrieben. Nicht gerechnet das verwüstete Gemeindeland, welches am meisten von der Katastrophe betroffen worden ist, wird der Schaden an Privateigentum auf ca. 200000 Fr. geschätzt. Dieser Schaden ist um so empfindlicher, als meist arme Leute davon betroffen wurden.

[1]) Die obigen Figuren sind Kopien von Photographien, welche als prachtvoll ausgeführte Lichtdrucke im Verlag des Hülfskomitees für Kienholz in Brienz erschienen sind und zu Gunsten der Beschädigten zum Preise von 1 Fr. per Stück verkauft werden.

Keinerlei Assekuranz mildert das Unglück, Grund und Boden sind auf unabsehbare Zeiten verwüetet. Grofse Opfer wird der Staat bringen müssen, um noch gröfsere Katastrophen in Zukunft zu verhindern. Der Staat kann höchstens vielleicht den Leuten, die er, um gröfseres Unglück zu verhüten, zum Verlassen ihrer alten Wohnstätte zwingen mufs, ihr Land zum Schätzungswerte durch Expropriation vergüten, — allein die private Wohlthätigkeit wird das meiste thun müssen. Es hat sich in Brienz ein Hülfskomitee gebildet, dem die Gaben reichlich zufliefsen mögen; bis Mitte Oktober sind aufser Naturalgaben Fr. 73000 eingegangen. Siebenundzwanzig Familienväter wollen eine neue Heimstätte unter dem Namen „Neukienholz“ an sonniger und geschützter Lage weiter ostwärts im Schutze des Ballenberges im sog. Längfeld gründen. Es ist vom Hülfskomitee aus einer Staatswaldung bereits Bauholz angekauft worden, um dasselbe den geschädigten Leuten zum Bauen zur Verfügung stellen zu können.

Ueber die Verheerungen am 31. Mai besitzen wir eine inhaltsreiche Abhandlung von Hans von Steiger, die in den Mitteilungen der Berner naturforschenden Gesellschaft erschien, ferner eine offizielle ausführliche Darlegung in einer 12 Seiten starken Quartbroschüre mit Karte und Abbildungen: „Ueber den Felsschlipf im Lammgraben. — Berichte der technischen Beamten der Direktionen der öffentlichen Bauten und Forsten sowie über die geologische Expertise. Bern, Buchdruckerei Michel und Büchler, 1896.“ Nach den Berichten von Augenzeugen, durch eingehende Besichtigung des noch frischen Trümmerfeldes und u. a. nach der ausführlichen Schilderung von Dr. Leo Wehrli (Neue Zürcher Zeitung, 27. August) können wir uns ein genaues Bild der Vorgänge vom 20.—23. August machen. Schliefslich hatte ich am 2. September Gelegenheit, den Lammbach wieder in seiner ebauerlichen Thätigkeit zu sehen. Unter Hinweis auf Blatt 392 Brienz (1:50000) des eidg. topographischen Atlases, sowie auf beistehende Abbildungen, will ich es versuchen, die Ereignisse zu schildern und in ihrer Ursache zu erklären. Eingehendere Mitteilungen auch über die letzten Katastrophen auf Grund neuer Vermessungen sind namentlich von Herrn Ingenieur von Steiger zu erwarten.

Am obern Ende des Brienzersees sehen wir die Erosion in ihren verschiedenen Erscheinungsformen. — Am südlichen Bergabhang, gegenüber Kienholz und Brienzwiler, zieht sich westwärts ansteigend ca. 1000 m über der Thalsohle ein mächtiges Felsband hin. Dasselbe ist etwas nordwestlich unter dem Oltschikopf auf kurze Strecke unterbrochen, und hier beginnt eine mindestens 30° steile, ca. 10 Quadrat-

kilometer grofse Schutthalde, welche, bis in die Thalsohle reichend, auf einer Strecke von etwa einem halben Kilometer den Wald am Berghang beiderseits unterbricht. (Vergl. obere Figur des Titelblattes und Fig. 6.) Ohne dafs oberflächlich ein Wasserlauf sichtbar wäre, häufen sich hier die von den Flühen abstürzenden Kalkplatten und rollen immer weiter zu Thale: sie bilden eine „Riseten“.

In dem etwas über einen Kilometer breiten Thal von Meiringen bis Brienz fliefst die Aare. Jetzt durch Dämme in einen Kanal ein-



Fig. 3. **Der Schuttkegel von Kienholz mit den Murgängen.**
Photographie Gabler, Interlaken. Aufnahme 23. VIII. 96.

geengt, führt sie ihre Gerölle in den Brienzersee, immer weiter ein Delta in denselben hinausbauend. In früheren Zeiten reichte der Brienzersee in Form einer schmalen Zunge bis zur Felsenschwelle des Kirchet bei Meiringen, welche durch die berühmte Aareschlucht durchsägt ist. Die Masse der Gerölle, welche die Aare auf dieser Strecke in den See geführt hat, wodurch eben die Alluvialebene Meiringen—Brienz geschaffen worden ist, beträgt nach den Berechnungen von Th. Steck 2,2 km^3. Die jährliche Geröllzufuhr betrug 135000 m^3, sodafs also ein Zeitraum von 14000 bis 15000 Jahren nötig war, um das Seeufer vom Kirchet bis zu seiner jetzigen Lage

zu verschieben, und ferner läfst sich ungefähr annehmen, dafs 35000 bis 40000 Jahre nötig sein werden, um das 5,17 km³ messende Becken des Brienzersees durch die Geröllmassen der Aare auszufüllen.

Ein drittes, neues Bild der Erosion treffen wir auf der Nordseite des Thales. Ueber dem Nordufer des Brienzersees steigt steil empor die lang sich hinziehende Rothornkette, an deren Südabhang fast ausschliefslich meist nordwärts einfallende Schichten der Kreideformation zu Tage treten. Die Waldgrenze liegt an diesen steilen Hängen zwischen 1200 und 1500 m über dem Meer, und darüber steigt 30—40° geneigt noch 600—800 m höher die waldlose Alpenregion an. Das ist das Gebiet der Wildbäche. Im Thale reiht sich von Oberried am Brienzersee bis gegen Brienzerwiler Schuttkegel an Schuttkegel. Brienz steht auf den Schuttkegeln des Mühlebaches und des Trachtbaches, aus welchen das feste Felsenriff, welches die Kirche trägt, hervorragt. Der Trachtbach ist gebändigt durch eine weit ins Gebirge hinaufreichende gepflasterte Schale, deren Baukosten 84000 Fr. betrugen. Ostwärts von Brienz, zwischen den waldigen Höhen ob Fluhberg und dem Nordwestabhang des Ballenberges treten drei Wildbäche aus dem Gebirge hervor; rechts von der massigen, aus Jurakalk bestehenden Schwandenfluh der Glyssenbach, links davon der Schwandenbach und etwa ein halb Kilometer von letzerem entfernt der Lammbach. Glyssenbach und Schwandenbach werden in Schalen in den See geführt, während der Lammbach unter gewöhnlichen Verhältnissen so wenig Wasser hat, dafs er in seinem eigenen Schuttkegel versiegt. Dieser Lammbachschuttkegel ist von äufserst regelmäfsiger Gestalt; er stellt wohl das sonnigste Gelände des ganzen oberen Aarethales dar. Auf ihm liegen die Häuser und Felder von Kienholz. (Vgl. Fig. 3.)

Von der am See ca. $1\,^1/_2$ km langen Basis steigt der Kegel auf eine Länge von ca. $2\,^1/_2$ km gegen Nordosten empor, erst flach, dann etwas steiler; die Spitze des Kegels liegt am Ausgang des sog. Lammgrabens bei ca. 900 m Höhe, die Basis am See 566 m hoch. (Vgl. Fig. 2.) Die Böschung des Kegels beträgt unten 3—4°, weiter hinauf, südlich Schwanden, 6—8°, oben am Fufse des Berghanges 10—16°. Zu beiden Seiten des Schuttkegels liegen Dörfer, rechts Schwanden, links Hofstetten, und zwischen beiden baut sich der Schuttkegel immer höher auf. An der Spitze des Kegels öffnet sich nun fast genau nordwärts emporsteigend der schauerliche Lammgraben. Derselbe stellt auf eine Länge von $1^1/_2$ km eine einheitliche grofse Schlucht dar, deren Sohle von 900 m auf 1300 m mit einem Gefälle von 14° ansteigt. (Vgl. Fig. 7.) Die Ränder

der 300 m tiefen Schlucht sind wenig mehr als 1 km in der Luftlinie von einander entfernt. An der linken Seite des Baches, an der Wetterseite, ist der Abhang kahl, und das nackte Gestein tritt an bizarr zerklüfteten Felswänden, die durch Runsen und vorspringende Erker vielgestaltig gegliedert sind, überall zu Tage. (Vgl. Fig. 8 u. 9.) Rechts sind die steilen Abhänge etwas mehr bewaldet, und mächtige Schutthalden verdecken das anstehende Gestein. In ca. 1250 m Höhe, d. h. an der obern Grenze der Baumregion, endet die einheitliche Schlucht, der Graben; hier verzweigen sich über einem von Westen her in die Schlucht



Fig. 4. Oberbau einer Scheune, 100 m weit auf den Bahndamm geschleppt.
Photographie Fuchs, Brienz. Aufnahme 23. VIII. 96.

vorspringenden Felsenriff, der sog. Blauen Egg, mehrere Schluchten, wenig tief in das steile, fast ganz kahle Terrain eingeschnitten, baumförmig nach oben.

Den geologischen Bau des Gebietes des Grabens selbst ersehen wir sehr schön an den nackten Felswänden der Ostseite. (Vgl. Fig. 1.) Vom Ausgange der Schlucht bis ungefähr zum Felsriegel der Blauen Egg besteht das Gestein aus dünngeschichteten, wie Backsteine aufeinanderliegenden, kieseligen Kalken, die rostbraun anwittern und durch unzählige Querklüfte zerteilt sind. Diese Kieselkalke gehören der unteren alpinen Kreide (Neocom) an. Von den steilen

Wänden fallen fortwährend durch die Verwitterung losgelöste kuboidische Stücke auf Schutthalden am Ufer des Baches herunter. Am Ausgange der Schlucht sind diese Kieselkalkschichten schwach gegen den Berg geneigt, also nach Norden, weiter nach oben hingegen biegen sie muldenartig um, fallen also nicht mehr in den Berg ein, sondern neigen in der Richtung des Bergabhanges gegen Süden, und nun tritt unter den kieseligen Kalken mit immer stärkerer Neigung nach Süden ein neuer Schichtkomplex hervor: dünnplattige, grauanwitternde, thonige Kalke und Mergel (Berriasschichten). Diese Schichten sind es, welche das Felsriff der Blauen Egg bilden. Unter den „Berriasschichten“ liegen die Kalkbänke des „Weifsen Jura“, welche nur im obern Teil des Schuttkegels zu Tage treten, wo sie durch starke Auswaschungen im September entblöfst worden sind.

Wie jeder Wildbach zeigt nach den vorstehenden Erörterungen auch der Lammbach mehrere scharf getrennte Regionen. Oben am Südabhang der Rothornkette liegt auf den Alpen Giebelegg und Gummen das Sammelgebiet oder Einzugsgebiet des Lammbaches. Beide Alpen, namentlich Giebelegg, sind sehr steil. Giebelegg-Alp ist in andauernder Verwilderung begriffen infolge starker Abholzung, steten Wildheuens und allzustarken Weideganges mit Ziegen und Schafen. Hier oben treten mehrere Quellen aus dem Gestein, die sehr unregelmäfsig fliefsen. Die vielen kleinen Rinnsale füllen sich bei starken Regengüssen oder bei der Schneeschmelze rasch, sie vereinigen sich von links und rechts; die beiden hauptsächlichen Rinnen werden als Lammgraben und Feitschgraben bezeichnet. Zwischen je zwei zusammenfliefsenden Bächen bildet sich ein dreieckiges Felsriff, an dessen Seiten die Wasser nagen.

Dieses Sammelgebiet ist der eigentliche Schauplatz der Gebirgszerstückelung. An dem bis 40° geneigten Gehänge entstehen durch Unterwaschung fortwährend übermaximale Böschungen, an denen die losen Schiefer und oberflächlich zerstückelten Kalke abgleiten. Indem auch rückwärts gelegene Böschungen abrutschen, schneiden sich die Schluchten immer mehr nach rückwärts ein und verästeln sich nach oben immer mannigfaltiger.

Kurz oberhalb des Felsriegels der Blauen Egg haben sich sämtliche Bächlein des Sammelgebietes vereinigt und treten nun in die zweite Region des Wildbaches, in den Abflufskanal oder Sammelkanal ein, welcher durch den einheitlichen Lammgraben gebildet wird. Wo der Lammbach den Graben verläfst, beginnt mit dem grofsen Schuttkegel die dritte Region des Wildbaches, das Ablage-

rungsgebiet, welches hier durch den beschriebenen Schuttkegel gebildet wird, dem ein oberflächlicher Ablauf fehlt.

Unter normalen Verhältnissen fliefsen nun die Wässerlein des Sammelgebietes sparsam, sie bringen verhältnismäfsig wenig Schutt in den Abflufskanal, umsomehr als der Felsriegel, welcher das Sammelgebiet nach unten abschliefst, eine Barre bildet, hinter welcher die kleinen Bäche den mitgebrachten Gesteinschutt zum Teil liegen lassen. Bei der steilen Böschung vermag auch die verhältnismäfsig geringe



Fig. 5. **Schlammige Mure in Kienholz.**
Photographie Gabler, Interlaken. Aufnahme 23. VIII. 96.

Wassermenge die von den Steilborden fortwährend in das Bett hinunterfallenden Steinstücke fortzuschaffen, so dafs in den meisten Fällen im Sammelkanal Zufuhr und Abfuhr der Gerölle sich ungefähr das Gleichgewicht zu halten vermögen, wenigstens da, wo die Schutzgehänge keine übermaximale Böschungen aufweisen. Im Gebiet des Schuttkegels aber, wo die Böschung geringer wird, läfst der Bach sehr bald all sein Geschiebe liegen, er erhöht sein Bett, vermag nicht mehr sich eine kontinuierliche Rinne offen zu halten, er wird zerteilt und versiegt im Geröll. Weiter unten aber auf dem Schuttkegel, dessen

Dasein allein es beweist, dafs es nicht immer so friedlich hergehen kann, bauten die Menschen ihr Heim und erwarteten den Erntesegen.

Die Gestalt des Schuttkegels ist im allgemeinen abhängig einerseits von der durchschnittlichen Wassermenge, andrerseits von der Gröfse und Gestalt der Geschiebe. Wasserreiche Bäche, die kleine gerundete, etwa Glazialschottern entstammende Geschiebe oder vorzugsweise Schlamm führen, bilden die flachsten Schuttkegel. Um so steiler wird der Schuttkegel, je geringer die Wassermenge, je gröfser und eckiger die Geschiebe werden. Wasserarme Bäche, die wie der Lammbach fast ausschliefslich grofse, eckig plattige, mehr oder weniger würflige Gesteinstücke führen, bauen Schuttkegel auf, die an der Spitze sehr steil sind und sich verhältnismäfsig rasch verflachen.

Nur zu oft verwandelt sich das unscheinbare Wässerlein des Wildbaches in einen reifsenden Strom. Die bei Hochgewittern im ganzen Stromgebiet des Baches fallenden Regenmassen werden mit grofser Schnelligkeit dem engen Abflufskanal zugeführt. In wenigen Minuten kann die Wassermasse auf das Hundertfache ihres gewöhnlichen Volumens ansteigen. Die Geröllmassen zu Seiten der Bäche werden lebendig. Die Hauptstofskraft macht sich im „Graben“ geltend; aller Schlamm wird hier augenblicklich aufgewühlt, das Wasser wird tiefbraun gefärbt. Die Schutthalden, die aus fast durchweg gleichartigen, etwa kopfgrofsen Gesteinstücken bestehen, werden von unten angefressen. Stück um Stück der Halde fällt polternd in das schäumende braune Wasser, um unaufhaltsam thalwärts mitgerissen zu werden. Jetzt arbeitet der Bach im Abflufskanal erodierend, und zwar um so energischer, je mehr die säkulare Verwitterung des Gesteines die Massen gelockert hat. Über 25 m tief hat sich im Laufe dieses Sommers der Lammbach in die im Sammelkanal liegende Geröllmasse eingefressen. Aus dem Graben ergiefst sich mit einer Geschwindigkeit von 2—5 m in der Sekunde ein Strom bestehend aus schlammigem Wasser und eckigen Gesteinstücken. Vielleicht 20 bis 30 pCt. der ganzen Masse sind Gestein. Hier fliefst der Strom über sein eigenes in früheren Zeiten abgelagertes Trümmermaterial. Jetzt aber ist an ein Liegenlassen von Geröll in den oberen steileren Teilen des Schuttkegels nicht zu denken; im Gegenteil wie eine dicke Säge schneidet der Strom in den Schuttkegel ein. Am 31. Mai hatte hier die 6 m breite fliefsende Masse in Zeit von 5 Stunden 3—4 m tief sich eingeschnitten. Durch diese gewaltigen Massen von Geröll, welche der Strom in sich aufnimmt, wird er immer kompakter, 50 bis 80 pCt. der Masse sind Gestein. Da speziell beim Lammbachschutt-

kegel der Übergang von der oberen steileren Partie des Kegels zur mittleren, flacheren ein ziemlich rascher ist, so hört die Masse bald auf zu erodieren; immerhin hatte sie während der letzten Katastrophen einen ca. 600 m langen, 10 m tiefen, oben bis 20 m, in der Sohle 5—10 m breiten Kännel ausgewaschen, d. h. über 100000 cbm Gerölle weggeführt. Sobald der immer zäher werdende Brei sich keinen Kännel mehr zu graben vermag, ergiefst er sich oberflächlich über den Schuttkegel. Ruckweise, durch die nachdringenden Massen gestofsen, bewegt er sich unaufhaltsam vorwärts, erbarmungslos die Kulturstätten, die er erreicht, vernichtend.

Das sind die Erscheinungen, die wir bei jedem Wildbach-Murgang beobachten. Diese Murgänge sind es, welche die regelmäfsig konische Gestalt der für alle Alpenthäler so charakteristischen, häufig mit üppigem Walde oder fruchtbaren Kulturen bedeckten Schuttkegel bedingen. Links und rechts des Schuttkegels, hart am Berghange liegen Dörfer und Weiler. Hier unten im Thale ist alles ruhig und friedlich, aber oben, da wo der Wald aufhört, reift das Verderben. Nur allzu häufig bestehen, wie hier am Lammbach, die einzigen Schutzvorrichtungen gegenüber den Paroxysmen des Wildbaches darin, dafs am obern Ende des Schuttkegels Schutzmauern längs des gewöhnlichen Bachbettes aufgeführt werden, um ein seitliches Ausleeren der Mure zu verhindern. Aber sehr oft werden die niemals tief genug fundamentierten Mauern unterwaschen, und die Mure führt die Quadersteine der eingestürzten Mauer mit zu Thal. Es giebt natürlich eine ganze Reihe von Spezial-Eigentümlichkeiten, die jeden einzelnen Wildbach mehr oder weniger gefährlich erscheinen lassen. — Man kann wohl sagen, dafs der Lammbach eine seltene Häufung aller verhängnisvollen Umstände zeigt. Das Sammelgebiet ist sehr steil, nicht 5 pCt. desselben sind bewaldet, kaum mehr als ein Viertel der ganzen Region ist durch kompakten Graswuchs verfestigt. Das plattige, mergelige Gestein, das noch etwas steiler als der Abhang südwärts einfällt (vergl. Fig. 1), löst sich längs halbkreisförmigen, allmählich sich bildenden und immer mehr sich erweiternden Spalten schollenweise los. Das Sammelgebiet ist durch das Felsriff der blauen Egg vom Abflufskanal getrennt. Gerade über dieser Barre beginnt die Region der sich loslösenden Schollen. Eine solche Scholle, auf das Felsenriff hinunterstürzend, mufs die Wasser des Sammelgebietes gerade über dem tiefen, geradlinig verlaufenden, steil geneigten Abflufskanal stauen, einen Stausee entstehen lassen, der binnen kurzem sich entleeren wird, und plötzlich müssen gewaltige Wassermassen,

einen Teil des Stauwalles mit sich reifsend, zu Thale stürzen. Die Steilwände des Abflufskanales kommen nie zur Ruhe, und während sonst in dieser Region bei normalen Verhältnissen das Bachbett solide ist, d. h. aus anstehendem Fels besteht, kann der hier sich ansammelnde Schutt durch das in gewöhnlichen Zeiten fliefsende Wasser nicht weggeschafft werden. Im Laufe der Jahre häufen sich in dem steilen Abflufskanal selbst die Geröllmassen im Bachbett zu einer 20—30 m mächtigen Schicht, die nur darauf wartet, um bei plötzlichem Anschwellen des Baches fortgewälzt zu werden. Verhängnisvoll wirkt ferner die hohe Lage der Spitze des Schuttkegels, die steile Böschung des obersten Teiles desselben. Dadurch wird es möglich, dafs bei jedem Ausbruch des Wildbaches hier im Schuttkegel selbst noch sehr beträchtliche Erosion stattfindet. Trotz der seit Jahrhunderten drohenden Gefahr, trotz des schon mehrfach eingetretenen Verhängnisses bestand das Dorf Kienholz mitten auf dem Schuttkegel, und schliefslich hatte man noch den Damm der Brünigbahn gebaut, welcher den direkten Ausflufs des sich anwälzenden Schuttstromes in den See durch Stauung verhindern mufste und dadurch das Areal des verwüsteten Landes um Vieles vergröfserte.

Auf den Schweizerkarten des 17. und 18. Jahrhunderts finden wir am obern Ende des Brienzersees neben Brienz selbst eine zweite gröfsere Ortschaft „Kienholz“ verzeichnet. In Kienholz wurde im Jahre 1353 der Bund zwischen Bern und den vier Waldkantonen beschworen, und lange Zeit blieb Kienholz der übliche Versammlungsort der Berner und der Urschweizer. Von einer gewaltigen Katastrophe wird aus dem Jahre 1499 gemeldet. Das grofse Dorf Kienholz samt dem Schlosse Kien wurde damals durch eine Lammbachmure 10 m hoch mit Steinen und Schlamm überschüttet, und „lange Zeit bezeichneten nur dürftige Hütten die Stätte, wo es gelegen“. Der Brienzersee, der sich vorher bis hart an den Ballenberg erstreckt haben soll, wurde um mehrere 100 m niederwärts gedrängt. Folgende auf diese Katastrophe bezügliche Sage wurde im Jahre 1813 dem Berner Professor J. Rud. Wyss erzählt: „Nach Überschüttung des genannten Ortes sey öfter ein Karrer über den hohen Steinschutt gefahren, und dann habe stets auf der nämlichen Stelle sein Gaul sich unruhig gezeigt, sein Hund in dem Boden gescharrt, und beyde nur ungern vom Flecke gewollt. Endlich habe der Karrer sich Erlaubnis verschafft, daselbst zu schürfen und zu graben, worauf man bald an das Gewölbe und einen Keller gekommen und in demselben einen alten Mann samt seinem Knaben aus dem verunglückten Dorf gefunden,

die beträchtliche Zeit hindurch sich in dieser Gruft mit Wein und Käse und herabsickerndem Wasser das Leben gefristet hätten. Also habe man den beyden herausgeholfen, und der Greis zwar eey an der frischen Luft in kurzer Zeit gestorben, der Knabe hingegen habe fortgelebt, und eein Name sey zum Andenken des seltsamen Ereignissee anstatt Schneitter, wie er geheifsen, in Kienholz verändert worden."

Im Jahre 1797 brachen Lamm-Schwanden und Glyssenbach gleichzeitig aus. Mehrere Häuser von Unterschwanden mufsten damals geräumt und nach Oberschwanden versetzt werden. Während in früheren Zeiten die Lammbachmure häufiger gegen Osten, d. h. gegen Hofstetten ausleerte, wird eie gegenwärtig meist nach Westen, in das Gebiet der Gemeinde Schwanden hinübergedrängt, jener Gemeinde, die schon durch einen eigenen Wildbach, den Schwandenbach, und aufserdem durch Bergstürze bedroht ist, mufste doch zu verschiedenen Malen, neuerdings im Jahre 1891, ein Teil des Dorfes versetzt werden. In den Jahren 1874 und 1894 haben sich gröfsere Lammbachmuren gegen Unterschwanden hin ergossen.

Die direkte Ursache der diesjährigen Murgänge ist ein Felsschlipf, der am 26. Mai vom sog. Rufisatz auf der linken Seite des Baches gegenüber dee „Blauen Egg" eich losgelöst hatte. (Vgl. Fig. 8.) Von einer vorspringenden Kante hatte sich längs einer halbkreisförmig verlaufenden Spalte, die schon seit 15—20 Jahren bemerkt worden sein soll, ein mit ca. 80 Tannen bewachsenes Stück losgelöst. Die Spalte, die sich allmählich vergröfserte, wurde von obenher mit Schlamm und Geröll angefüllt, so dafs eine Lettkluft die eich loslösende Felsmasse vom festen Fels trennte. Auf dieser Lettkluft glitt den Schichtflächen parallel die Masse ab und legte sich auf das von Westen her vorspringende Felsriff quer über den Lammbach gerade da, wo derselbe all die kleinen Bäche dee Einzuggebietes vereinigt hatte. Die Abrifsfläche ist steil (ca. 50°) gegen Südwesten geneigt, mifst an der Basis ungefähr 210 m und hat eine Höhe von 140 m. Es war kein Felssturz, sondern ein typischer Bergschlipf. Die tiefer liegenden, offenbar intensiver durchtränkten Partien der abgefahrenen Masse rückten rascher vorwärts, quollen unter der durch die Vegetation verfestigten, langsamer gleitenden Decke hervor und brandeten, eigentümliche Wülste bildend, auf der rechten Seite des Baches am „Blauen Egg" wohl 10 m empor. Die Vegetationsdecke überschritt den Bach nicht, die Tannen fuhren aufrecht ab, im oberen Teil der gerutschten Masse stehen sie wirr durcheinander, im mittleren liegen sie etwas rückwärts, unten liegen sie nach vorn über (vergl. Fig. 9). Dieser Fels-

schlipf, dessen Masse von einem der technischen Experten auf 1500000 cbm, von einem anderen nur auf 300000 cbm geschätzt wurde, aber kaum mehr als 200000 cbm betragen dürfte, verursachte die Bildung eines Stausees. In dem Stausee versiegen die Wasser in Sprudeln direkt hinter dem aufgehäuften Riegel; oberflächlich ausgebrochen ist der Stausee wohl niemals.

Die in den Wall hinein versiegenden Wasser bahnten sich allmählich bestimmte Kanäle, und in mehreren klaren Quellen traten sie



Fig. 6. **Steinige Mure in Kienholz.**
Photographie Gabler, Interlaken. Aufnahme 23. VIII. 96.

zwischen 5 und 30 m unter der Stirn des Walles aus dem Schutt hervor. In der Zeit vom 26. Mai bis morgens früh den 31. Mai hatte das Wasser durch den Wall hindurch sich solchen Abflufs verschafft, dafs die Katastrophe eintreten mufste. Die Schuttmassen des Walles, die direkt über den Kanälen lagen, stürzten nach. So bildete sich mitten quer über den Wall eine 1—2 m tiefe Rinne. Die mit Schlamm untermischten Wasser ergossen sich in die Tiefe, und der Murgang nahm im Lammgraben seinen Anfang.

Im Thale war zuerst das Abstehen des Lammbaches aufgefallen,

und dann ergofe eich der Gesteinetrom Sonntag den 31. Mai von morgene 4 Uhr his mittags 1 Uhr. Allgemein wird hervorgehoben, dafs dieser Murgang aufserordentlioh wenig Wasser enthielt; es war cin „trockener Stofs.“ Die ersten auf dem Schuttkegel angekommenen Massen waren nooh schlammig-flüeeig, später gegen 8 Uhr morgens wurde der Strom immer steiniger.

Duroh Herrn Steiger wurden in den Morgenetunden des 31. Mai folgende Geschwindigkeiten gemessen: 1. Beim Austritt aus dem Grahen: Breite des Stromes: 6 m, Geschwindigkeit per Minute 120 m. 2. Bei Oherschwanden: Breite dee Stromee: 7—8 m, Gesohwindigkeit per Minute 36 m. 3. Zwischen Oher- und Unterschwanden: Breite des Stromee: 10—11 m, Geschwindigkeit per Minute 24 m.

Ähnlioh wie bei Flüssen war die Geschwindigkeit des Stromes in der Mitte gröfser als an den Rändern.

Das untere Ende des Stromes, der gegen Kienholz vorrückte, hewegte eioh äufserst langsam. Die Bauern hatten nooh Zeit, vor der sich heranwälzenden Maese das Gras shzumähen und einzuheimsen. Waghalsige Buhen sollen auf dem Rande des sich hewegenden Stromes herumgetanzt hahen. Ee war ein meterhoher Wall, bestehend aus eoharfkantigen, pflastersteingrofsen Kalkstücken, der sioh auf flacher Böschung vorschob. Indem dss in demselhen enthaltene Waseer immer mehr ausflofe, ksm die Maese zum Stehen. Die mannigfaoh suegelappten Ränder des Stromee erhehen eich unvermittelt aus dem Wieeenland. (Vgl. Fig. 6.) Die Hauptmasso des Stromes iet eingesunken, so dafs die Ränder als soharfkantige Kämme moränenartig den Gesteinetrom umziehen.

Beim Austritt aue dem Lammgraben bog die Mure plötzlioh aue ihrer Nord-Süd-Riohtung naoh West-Süd-Weet auf cine Länge von ca. 800 m um. Dann ergofs eie eich gegen Südwesten und deckte die Schale des Schwandenbaohee ein. Als ca. 120 m hreite und 2,5—3 m dicke Masse ühersohritt die Mure die Strafse und erreichte den Bahndamm etwa um 11 Uhr. Hier staute sich der Schuttstrom und hrach infolgedessen weiter ohen gegen links aus, d. h. gegen die westlichsten Häuser von Kienholz, welohe umfloeson wurden.

Die Erklärung für die Entstehung dieeee „trockenen Stofses“ ist leioht zu gehen. Die duroh den Stauriegel am „Blauen Egg“ durohbreohenden Waseer nahmen vom Riegel eelhst nur wenig gröheres Gesteinematerial mit, hingegen trafen sie im Lammgraben selbst überall eine mächtige Lage angehäufter Geeteinestüoke. Diese Geröllage wurde in einer Mächtigkeit von 6—8 m ausgekolkt. Die

ungeheure in Bewegung geratene Gesteinsmasse trat auf den Schuttkegel aus; hier erfüllte sie sehr bald das flache Bett des Lammbaches, zugleich aber wurde der Untergrund desselben aufgepflügt, und dadurch wurden neue Gesteinstrümmer dem Strome einverleibt.

Durch die Katastrophe vom 31. Mai wurde viel gutes Ackerland für immer verschüttet, zwei Häuser des westlichen Kienholz wurden zerstört. Die Brünigbahn war auf kurze Zeit unterbrochen. Die von der Berner Regierung eingeholten amtlichen Gutachten konstatieren alle, dafs der Felsschlipf am „Blauen Egg“ noch immer staue, dafs nur wenig Schutt desselben bei der Katastrophe mitgerissen worden sei. Es wird gesagt: „Zunächst müssen beförderlichst die nötigen Abräumungen der Schuttmassen gemacht und dem Wasser seine bisherigen Abzüge wieder geöffnet werden, was im Gange ist“ (C. von Graffenried) oder: „Daher sollte dem Bach sein Weg durch die Trümmermassen frei gemacht werden, damit hört die gefährliche Durchnässung des Bodens auf, und das Wasser kann in normaler Arbeit den Schlipf thalauswärts schaffen“ (Dr. E. Kissling). In der That war der Stausee am 31. Mai noch 45 m lang, 35 m breit und etwa 2 m tief. Ferner ist durch H. von Steiger konstatiert worden, dafs in gewöhnlichen Zeitläuften der Lammbach sein Wasser nur zum geringen Teil von den Bächen des Einzuggebietes erhält, sondern von einer Sommer und Winter fliefsenden Quelle, die am „Blauen Egg“ austritt. Während der Lammbach oft genug von seinen höher gelegenen Quellbächen gar kein Wasser erhält, liefert die Quelle an der Blauen Egg Sommer und Winter Wasser genug, um eine kleine Säge damit zu betreiben. Diese Quelle ist nun durch den Felsschlipf vom 26. Mai zugedeckt worden, und gewifs arbeitet ihr Wasser, in Verbindung mit dem vom Stausee eindringenden, an der fortwährenden Durchweichung und Unterwaschung der Sturzmasse. Trotzdem in der Nacht vom 11./12. Juni ein neuer Ausbruch erfolgte, der seinen Weg über den Strom vom 31. Mai nahm, aber 300—400 m oberhalb Kienholz zum Stehen kam, trotzdem auch das ununterbrochene Regenwetter des August die Situation immer verschlimmern mufste, liefs man am „Blauen Egg“ ruhig ein neues Unheil sich vorbereiten; die Bemerkungen der beiden Experten blieben unbeachtet.

Nach dem Gesagten kann ich mich über den grofsen, vom 20. bis 23. August sich ergiefsenden Murgang kürzer fassen. Am Felsschlipf läfst sich konstatieren, dafs die vom Stausee versiegenden Wasser sich mit der unter dem Schutt hervorkommenden Quelle mehr oder weniger vereinigt hatten und nach dem langen Regenwetter mit

gewaltiger Macht hervorbrachen. Jetzt entspringt eine einzige mächtige Quelle aus dem untern Teil des Schuttwalles (Vgl. Fig. 8). Vielleicht ein Fünftel der abgestürzten Masse des Schlipfes ist mitgerissen worden. Im Bachbett der Schlucht selbst wurden weiter die Trümmer ausgekolkt, namentlich diejenigen wurden fortgerissen, welche von den bei der ersten



Fig. 7. **Der Lammgraben, Sammelkanal des Lammbaches.**
Photographie Gabler, Interlaken. Aufnahme 23. VIII. 96.

Katastrophe entstandenen Steilborden her nachgerutscht waren. Ganz gewaltig aushöhlend wirkte die Mure im obern Teil des Schuttkegels; der Kännel wurde hier von 4 m auf 10 bis 12 m vertieft, und oft genug war dieser ganze Kanal vollständig erfüllt von dem nachdringenden Gesteinsbrei. Hier stellte sich ein neues verhängnisvolles Moment ein. Die von der Schwandenerfluh nach dem Ballenberg

hinüberstreichenden Kalke traten an einer Stelle als etwa 30° in den Berg einfallende Schichten unter den Geröllmassen zu Tage (Vergl. Fig. 1). An der Oberkante dieses Riffes blieben eine Anzahl grofser Felsblöcke hängen. Es bildete sich eine Barrikade, hinter welcher das Wasser sich staute. Dann stürzte der Strom über das Felsenriff hinunter, dasselbe immer mehr unterwaschend. Heute hat die hier entstandene Kaskade eine Höhe von ca. 20 m, und unterhalb derselben ist die im Schuttkegel ausgegrabene Schlucht ca. 12 m tief und in der Sohle 6 m breit.

Die bei der zweiten Katastrophe dem Lammbachgraben und dem obern Teil des Schuttkegels entnommenen Geröllmassen betragen mindestens 250000 Kubikmeter. Die Mure vom Ende August war viel flüssiger, schlammiger als die vom 31. Mai. Sobald sie auf dem flacheren Teil des Schuttkegels angelangt war, wo sie sich keine Rinne mehr graben konnte, mufste sie sich rasch verbreitern, und da die steinigen Muren vom Frühjahr 1896 und von 1894 gegen Schwanden zu lagen, wurde sie wohl auch mehr ostwärts gedrängt, gegen die Häuser von Kienholz zu. Die Geschwindigkeit der ca. 50 pCt. Wasser haltigen Mure betrug 10—20 m per Minute auf kaum 5 Grad geneigtem Untergrunde. Der heranrückende Gesteinsstrom bietet ein eigentümliches Schauspiel dar. Ueber den flachen Untergrund ergiefst sich erst eine braune Schlammwelle, welche wie ein faltenwerfendes Tuch sich ausbreitet, dann rückt langsam auf dem schlammigen Grunde vorwärtsschreitend die Masse der in Schlamm eingebetteten polyedrischen Gesteinsstücke dicht übereinander gehäuft nach. Fortwährend werden dieselben unter eigentümlichem Knirschen über- und durcheinander gewälzt. Die trägeren gröfseren Blöcke werden von den kleineren emporgeprefst, dann überstürzen sie und tauchen wieder unter, um von neuem emporgehoben zu werden. In der Strommasse selbst fliefsen da und dort schmutzige Wasserströme zusammen, und bald macht sich vor denselben eine erneute Bewegung geltend. Das Ganze bewegt sich strich- und stofsweise. Häufig wird eine etwas träge fliefsende Masse überwältigt und überschüttet von einem gewaltigeren nachdringenden Strome. Doch auch dieser kommt auf einen Moment zur Ruhe, und dann fliefst von seiner Vorderkante wieder ein zäher Schlammstrom ab. So wurden die Häuser von Kienholz umflossen und 3—4 m hoch im Schlamm begraben. Hinter dem ca. 2 m hohen Eisenbahndamm wurden die andringenden Massen gestaut, es entstand auf eine Länge von etwa 200 m ein etwa 20—30 m breiter und 1—2 m tiefer Schlammsee, der, nach links und rechts ab-

fliefsend, immer mehr Land verwüstete. Allmählich füllte sich der See mit nachdringenden Geschieben, und die Mure konnte den Damm überschreiten (Vgl. obere Figur des Titelblattes u. Fig. 5). 1 m hoch wurde die Bahnlinie mit Schutt überführt, und schliefslich brach der Damm auf eine Länge von etwa 10 m. Nun erst konnten sich die Schuttmaseen frei in den See ergiefsen. Gewifs um die Hälfte ist durch das Vorhandensein des Eisenbahndammes die Verwüstungszone bei Kienholz vergröfsert worden.

Der kleinere Ausbruch des Lammbaches vom 2. September endlich ergofs sich wieder westlich gegen Schwanden. Ein erster Vorstofs war eine ziemlich steinige Mure, die sich als ein etwa 1 m dicker Lappen auf die Schuttmasse vom 31. Mai legte. Dann kamen im Laufe des Morgens mehrere schlammreichere Stöfse. Ein Schlammstrom ergofs eich bei den ersten Häusern von Kienholz über die Strafse; die eigentliche Mure, die sich in 2 Zungen geteilt hatte, blieb etwa 200 m über der Strafse stehen. Die aus der Mure abfliefeenden Wasser vereinigten sich mit dem Schwandenbach, welcher nach rechts hinübergedrängt wurde, von neuem Land verwüstete und die Strafse wegrifs. Ich beobachtete, wie von einer frischen Mure aus die liegende ältere, ausgetrocknete allmählich wieder durchfeuchtet wurde. Nach 2—3 Stunden war die Geröllmasse nicht mehr passierbar, und bald fingen bei erneuten Stöfeen von oben beide Muren an, gemeinsam sich zu bewegen. Auch durch dieee verhältnismäfsig schwachen Murgänge vom 2. September fand eine ganz beträchtliche Auskolkung der Rinne im obern Teil des Schuttkegels statt. Stellenweise wurde dieselbe um 2 m vertieft, und infolge ihrer Verbreiterung durch Unterspülung stürzte ein Teil der auf der Schwandener Seite errichteten seitlichen Schutzmauern ein.

Es ist vollkommen sicher, dafs in nächeter Zeit wieder Murgänge stattfinden werden, und zwar werden in erster Linie die Äcker, vielleicht auch einige Häuser von Unterschwanden bedroht sein.

Würden dieses Jahr keine beträchtlicheren Murgänge mehr vorkommen, so müfste sich auf die Zeit der Schneeschmelze im nächsten Frühjahr eine gewaltige Katastrophe vorbereiten.

Das einzige Mittel, das übrigens keineswegs einen allzugrofsen Kostenaufwand erfordern würde, zur Beseitigung der momentanen Gefahr ist die künstliche Herstellung einer normalen Wasserabfuhr im Gebiet des Bergschlipfes an der „Blauen Egg"; aber leider läfst sich voraussehen, dafs bald auch an andern Stellen neue Felsschlipfe den Lauf des Lammbaches im Sammelkanal stauen werden. Durch die

letzten Murgänge ist namentlich die rechte Tobelwand stark unterwaschen worden, und ein mehrere Jucharten grofser Waldkomplex beginnt hier sich loszulösen.



Fig. 8. Oberster Teil des Lammgrabens mit der am „Rüfisats" abgerutschten Waldpartie.
Photographie Völlger, Bern. Aufnahme 4. IX. 96.

Der Grofse Rat des Kantons Bern hat am 9. September 45000 Franken für vorläufige Schutzarbeiten gegen den Lammbach bewilligt.

Das Gebiet des Lammbaches, des Schwandenbaches rechts, des

Eistlenbaches links davon ist „ein böses“. Aufser der Verheerung durch Wildwasser sind Felsschlipfe zu befürchten. Wie fast überall in den steilen Einzugsgebieten der Wildbäche ziehen sich zahlreiche hufeisenförmige, gröfsere und kleinere Spalten an den Berghängen hin; der Teil unterhalb der Spalten hat sich da und dort bis zu 1 m und



Fig. 9. **Abgerutschte Waldpartie an der „Blauen Egg.“**
Photographie **Fuchs**, Brienz. Aufnahme 1. IX. 96.

mehr gesetzt. Die gröfste dieser Spalten ist die in letzter Zeit häufig genannte Ägertispalte, welche in einer Höhe von 1100—1200 m sich vom Lammgraben zum Schwandenbach hinzieht. Dafs diese Spalten direkt in absehbarer Zeit zur Ursache gewaltiger Bergstürze werden dafs sich etwa die ganze Bergmasse ob Schwanden zwischen Lamm-

bach und Schwandenbach von der Ägertispalte aus als Ganzes auf einmal loslösen werde, ist, glaube ich, kaum zu befürchten, wohl aber sind fortwährend kleinere Abstürze zu gewärtigen; die beiden Schwanden sind jedenfalls bedroht, und die Leute sind sich dessen vollkommen bewufst. Gefährlich genug sind aber auch nur kleinere Bergschlipfe, da solche immer und immer wieder den Wildbach stauen und so Murbrüche veranlassen können.

Zur definitiven Sicherung des Gebietes, soweit eine solche überhaupt denkbar ist, sind nach genauestem Studium grofsartige Verbauungen und Aufforstungen nötig, Arbeiten, die ja in der Schweiz schon so mancherorts mit bestem Erfolge ausgeführt worden sind.

Die regelmäfsig konische Gestalt des Wildbachschuttkegels entspricht den Ausbreitungsgesetzen der Murgänge. Nicht der normal arbeitende Bergbach, sondern die aufeinander sich lagernden, ihre Richtung häufig wechselnden Murgänge haben den Schuttkegel aufgebaut. Die Zahl der Schuttkegel in den grofsen alpinen Thälern ist eine ungeheure. Es sind aber in den wenigsten Fällen, wie man wohl erwarten würde, öde Steinwüsten, sondern sie gehören im Gegenteil zum ergiebigsten Kulturland. Seltener zwar stehen die menschlichen Siedelungen auf dem Schuttkegel selbst, sondern meist sind sie links und rechts von der Spitze des Kegels an den Berghang angelehnt. Im Rhonethal des Wallis, im Veltlin tragen die Schuttkegel die herrlichsten Weinberge, in der Centralschweiz die üppigsten Wälder und Wiesen. An vielen Seeufern, wo die Berge schroff ansteigen, sind es die Schuttkegel allein, welche die Besiedelung ermöglichen. Fast alle Schuttkegel sind geologisch sehr junge Bildungen. Diejenigen der Lütschinen und des Lombaches, welche vereint das Brienzer- und Thunersee trennende Bödeli bildeten, sind, wie Th. Steck berechnete, kaum älter als 20000 Jahre. In dem Schuttkegel der Tinière bei Villeneuve fand man $1^1/_2$ m unter der Oberfläche Reste römischer Bauwerke, bei 5 und 7 m Tiefe Überreste aus der Steinzeit; in je 1000 Jahren würde also der Schuttkegel um 1 m gewachsen sein. Da die Murbrüche periodisch erfolgen, kann sehr wohl zwischen zwei Katastrophen die schlammige Alluvion wieder zu ertragreichem Kulturboden geworden sein, allein die Gefahr einer neuen Verwüstung ist immer vorhanden. Es entspricht vollständig der menschlichen Natur, dafs man zuerst versucht hat, dem Übel da zu steuern, wo es verderblich vor den Augen aller hervortrat. Wie die alten Schutzmauern oben am Lammbachkegel zeigen, suchte man das seitliche

Ausbrechen der Mure zu verhindern, dann verfestigte man die Abschlufsrinne des Wildbaches auf der ganzen Länge des Schuttkegels, so dafs die ganze Mure dem Gewässer des Hauptthales zugeführt werden mufste. Erst später suchte man dem Übel an der Wurzel zu begegnen, die Entstehung von Murgängen überhaupt zu verhindern. Es wird gesagt, dafs die Murgänge in letzter Zeit zugenommen hätten, und man schreibt diese Zunahme der fortschreitenden Entwaldung der Alpenregionen zu. Der Wald „bindet den Boden, und wo der Wald fällt, fangen die Murbrüche an". Es gilt, die Entstehung und Anhäufung loser Gesteinsmassen in den Quellgebieten der Bergwasser zu verhindern oder, wo solche aus alter Zeit vorhanden sind, sie festzuhalten. Wie viel ist nicht schon gegen das erbarmungslose Niederschlagen der Wälder geeifert worden! Vor 500 Jahren belegten die Benediktinermönche vom Embrun im Briançonnais jeden Forstfrevler mit dem Kirchenbanne. — Wo der Hochwald nicht mehr gedeiht, da überziehen Legföhren, Alpenrosen, Heidelbeergewächse den steilen Hang und halten ihn fest. Aber „der Verwüsterin der Alpen", „der Rose der Alpen" wird von den Alpenwirtschaftlern der Krieg erklärt, und doch ist ein ertragloser Alpenrosenhang besser, als eine magere Weide, die bei nächster Gelegenheit zu Thal geschlemmt wird. Will der Mensch den Wildbach regieren, vor seinen Paroxysmen sich schützen, mufs er ihn auf seinem ganzen Wege leiten; an seiner Wiege, am Berghang bis zu 2000 m Höhe, im Sammelgebiet mufs er ihn verhindern, früh schon böse Gewohnheiten anzunehmen, dann gilt es, ihn sicher durch den Sammelkanal zu leiten und ruhig über den Schuttkegel an Feld und Rebberg vorbei dem Hauptgewässer des Thales zuzuführen. Die sämtlichen „Eingänge", die steilen Halden im Sammelgebiet und beiderseits des Sammelkanals müssen verfestigt werden, womöglich durch Aufforstung oder, wo das nicht resp. einstweilen noch nicht thunlich ist, durch Verpfählungen oder „lebendige Hecken".

Stagnierende Wasser, welche das mürbe Gestein durchweichen und Abrutschungen vorbereiten, müssen abgeleitet werden. Was dennoch bei Hochwasser an Felstrümmern mitgerissen wird, darf nicht oder nur zum geringsten Teil bis auf den Schuttkegel hinunter geschwemmt werden. Man baut, von unten anfangend, im Sammelkanal Thalsperren. Es sind das kräftige, wenn immer möglich auf „gewachsenen"[2]) Fels aufgesetzte, schwach gebogene Quermauern, welche

[2]) Poetisch, ganz im Sinne der alten Vulkanisten, habe ich den von den Geologen als „anstehend" bezeichneten Fels in Gebieten starker Rutschungen von Älplern auch schon „geborener Stein" nennen hören.

der Strömung des Baches die konvexe Seite zukehren. Dadurch dafs Sperre über Sperre sich aufbaut — so sind z. B. im Tobel des Stollenholzbaches bei Lachen 35 Sperren auf $1^1/_2$ km Länge, in der Schlucht der Schwarzen Nolle bei Thusis 17 Sperren auf 500 m Länge errichtet worden —, wird alles grobe Geschiebe zurückgehalten; nur der feine Schlamm ergiefst sich mit dem Wasser über die Sperren. Zugleich wird die Sohle des Baches festgelegt, weitere Vertiefungen des Bettes sind nicht mehr möglich. Um die seitliche Umgehung der Sperre zu verhindern, werden beiderseits nach oben zu divergierende Flügelwehre angesetzt. Der Gefahr, dafs eine Mure aus dem Sammelkanal auf den Schuttkegel sich ergiefse, ist also begegnet, und es handelt sich jetzt nur noch darum, die losen Massen des Schuttkegels selbst vor Zerstörung zu schützen, d. h. den Bach in sicherer Schale über denselben hinwegzuleiten. In den Fällen, wo es gefahrbringend wäre, die ganze aus dem Sammelkanal austretende Schutt- und Wassermasse in einer Schale über den Schuttkegel hinweg ins Hauptthal dem Flufs oder See zuzuführen, versucht man gerade umgekehrt die Muren auf dem Schuttkegel selbst rasch zur Ablagerung zu bringen, ohne dafs dieselben hier weiter erodieren können. Zu dem Zwecke werden dreiseitige, prismatische Mauern in den Schuttkegel eingebaut und zwar so, dafs die Seiten dieser gemauerten Prismen den drei Seiten des Schuttkegels parallel stehen, dafs sie also ihre Schneide nach aufwärts kehren. Durch diese Mauerpfähle wird das Wasser zerteilt, parallel der Oberfläche des Schuttkegels, seine Stofskraft wird vermindert und die dadurch entstandenen einzelnen Teilströme der Mure bleiben rasch liegen. Derartige Werke sind namentlich in Frankreich ausgeführt worden. — Die Technik der Wildbachverbauungen ist heute eine weit vorgeschrittene; grofsartige Werke sind in den Pyrenäen und in den französischen Alpen ausgeführt worden, und namentlich seit den fürchterlichen Hochwassern im Herbst 1882 wird auch in Südtirol und Kärnten eifrig gearbeitet. In der Schweiz soll nach A. Heim zuerst im Jahre 1820 der Förster Jenny von Niederurnen im Kanton Glarus eine rationelle Verbauung durchgeführt haben; in den Jahren 1858—1863 wurden die schweizerischen Wildbäche im Auftrage des Bundesrates eingehend von Professor Culmann in Zürich untersucht. Über die bis zum Jahre 1892 in der Schweiz ausgeführten und vom Bund subventionierten Wildbachverbauungen berichtet das eidgenössische Oberbauinspektorat: „Die Gesamtausgaben betragen rund 9031000 Frs., wovon 39,45 pCt. durch Bundesbeiträge gedeckt worden sind.“ — Durch die Verbauung des

Lammbachee soll einerseits dsr ganze Schuttkegel von Kienholz der Kultur geeichert, und andrerssits sollen die an den Berghängen drohenden Abstürze verhindert werden. Der Lösung einsr eolchen Aufgabe werdsn sich viele Schwierigkeiten in den Weg stellen. Wenn auch lange nicht zu den ausgedehnteeten, so doch mit zu den schwierigsten derartigen Arbeiten in der Schweiz wird die Lammbachverbauung immerhin zu zählen sein, und die nach der Maikatastrophe von den Experten angenommene Summe von 5—600000 Frs. dürfte kaum genügen, um einen dauerhaften Erfolg zu erreichen.

Man hat vorgeechlagen, im Einzugsgebiet die dem Absturz verfallenen Schollen künetlich niederzueprengen. Die Sohle dee Sammelkanales soll durch wenige gröfsere, gemauerte Sperrwerke verfestigt und erhöht werden an Stellen, wo felsige Anhaltspunkte eich finden. Zwiechen dieeen Bauten aber, und ebeneo in den gröfeern Seitenruneen, sollen ale Stau- und Verfestigungsmittel in grofser Zahl eingerammte Holzpfähle zur Verwendung kommen. An Stelle der bei fortschreitender Auffüllung des Grabene im Laufe der Jahre eingedeckten Pfählc würden immer wieder neue eingeschlagen, die weiter die Geechiebe etauen und die Wasser zerteilen würden. Für die Art der Verbauung auf dem Schuttkegel iet das erwähnte franzöeische System vorgeschlagen worden, aber auch hier sollen die gemauerten Werke durch Holzpfähle ersetzt werden.

Die Wildbachverbauungen habsn neben der lokalen auch eine allgemeine Bedeutung. Gslingt es, das lose Gebirge in den hohen Regionen aufzuhaltsn, so wird nicht nur der besiedelte Schuttkegel von neuen Murgängen verschont, eondern der Hauptflufe des Thales wird auch weniger durch Geschiebe belastet, wodurch im Tiefland die Gefahr der Ueberschwsmmung und Geschiebeübersohüttung bedeutend vermindert wird. Dadurch, dafs z. B. längs des Bachbettes die losen Geröllmassen eines alten Bergsturzss bei Campo im Rovanathal (Tessin) verbaut worden eind, wurde auch die Gsschiebeführung der Maggia um ein beträchtlichee vermindert und Korrektionen dieses Flueses bei Locarno liefeen eich mit Erfolg durchführen. —

Dankbar ale ein Geschenk der Vsrgangenheit nehmen wir die heute fertig gebildeten Schuttkegsl an; wir pflanzen in den öden Thälern unsere feurigen Weine und bausn am lachenden Ufer dee Seee unsere echmucken Dörfer und Städtchsn auf ihrem Grunde, — aber wir wollen nicht, dafs das Erbe sich vergröfsere, wsil das nicht möglich iet ohne momentanes Unheil. Wir eind stolz darauf, dafs wir gelernt haben, um Jahrhunderte lang drohende Gefahr abzuwenden,

Hülfsmittel zu ergreifen, welche „Verzicht auf momentanen Vorteil zu Gunsten der Zukunft, Aufopferung des Einzelnen für die Gesamtheit und das Brechen mit hergebrachten Gewohnheiten fordern.“ Wir sehen in all diesem mit Selbstbewufstsein die Errungenschaft moderner Kultur und freuen uns darüber, dafs der moderne Staat ihr Träger geworden ist. Aber es ist ein Kampf gegen das unerbittliche Walten der Naturkräfte, in den der Mensch zum Schutze seines Geschlechts sich eingelassen. Unaufhaltsam wirken die auflösenden Kräfte, die wir heute im Gebirge an der Arbeit sehen, weiter, wie sie seit Millionen von Jahren in meist ganz allmählicher und unmerklicher Weise thätig waren. Von jedem Quadratkilometer im ganzen Quellgebiet der Aare ob Meiringen werden jährlich 250 Kubikmeter Gestein weggenommen und zu Thal geführt, die Berge des Reufsgebietes werden in 3333 Jahren um 1 m erniedrigt. — Wenn einst der letzte Felsblock unseres stolzen Alpengebirges, zu Sand zermalmt, im Meere versinkt, dann ist längst auch die kräftigste Thalsperre gefallen.

Der Planet Saturn.

Von G. Witt in Berlin, Astronom an der Urania.
(Fortsetzung.)

Die erste Kunde von einer merkwürdigen, der gewöhnlichen Anschauung widersprechenden Form Saturns brachte das in der Geschichte der Astronomie stets denkwürdige Jahr 1610. In einem Briefe an Kepler aus dem Anfang des bezeichneten Jahres teilte Galilei mit, dafs er eine seltsame Wahrnehmung gemacht habe. Entsprechend den Gebräuchen jener Zeit, vielleicht auch, um noch eine weitere Bestätigung zu erlangen, veröffentlichte er seine Entdeckung vorerst nicht, sondern legte sie, um nicht etwa der Priorität verlustig zu gehen, in dem nachfolgenden Anagramm nieder: smaismrmilmepoetalevmibunenugttaviras. In diese willkürlich gestellten Buchstaben Ordnung zu bringen und ihren Sinn zu enträtseln, mühte sich Kepler mit der ganzen Zähigkeit, welche ihm eigen war; das will gewifs etwas besagen, wenn man erwägt, dafs jene 37 Buchstaben nicht weniger als 7202 Quintillionen Umstellungen zulassen, von denen doch nur eine die wahre Bedeutung enthalten kann. Einmal glaubte Kepler schon in dem Satze „salve umbistineum Martia proles"[1]) des Rätsels Lösung gefunden zu haben, also die Entdeckung auf den Planeten Mars beziehen zu sollen, bis endlich ein vom 13. November 1610 datierter Brief Galileis an Giuliano de'Medici, den toskanischen Gesandten in Prag, zu Keplers Freude und Beruhigung vollständige Aufklärung brachte. Danach hatte Galilei den Saturn in verschiedener Gestalt, meist aber so gesehen, „wie wenn zu beiden Seiten der Saturnkugel je eine kleinere Kugel stehen würde, gewissermafsen zwei Bediente, welche den alten Herrn in seinem Gange unterstützen". An einer andern Stelle schreibt er: „Wenn ich den Saturn beobachte, so erscheint in der Mitte der

[1]) Ein in dieser Form übrigens unverständlicher Satz, der Kepler selbst nicht befriedigte.

gröfsere Stern, die beiden anderen liegen westlich und östlich auf einer Linie, welche mit der Richtung des Tierkreises nicht zusammenfällt und scheinen den Centralstern zu berühren.“ Diese Wahrnehmung hatte er niedergelegt in dem Satze: Altissimum planetam tergeminum observavi (den äufsersten Planeten habe ich dreifach gesehen), welcher aus obigem Anagramm leicht hergestellt werden kann.

Schon wenige Jahre später waren diese Begleitsterne oder henkelförmigen Ansätze (vergl. Fig. 8 I) wieder verschwunden, und Saturn zeigte sich wieder einfach als Kreisscheibe, ohne die mindeste Unregelmäfsigkeit aufzuweisen. Galileis Bestürzung hierüber war keine geringe, mufste er doch notgedrungen glauben, dafs er das Opfer einer optischen Täuschung geworden oder dafs die Leistungsfähigkeit seines Rohres — die ersten Beobachtungen sind mit einem gewifs recht primitiven Instrument von nur 30facher Vergröfserung gemacht — eine höchst mangelhafte gewesen sei. Man erzählt sogar von ihm, sein Ärger hierüber sei so grofs gewesen, dafs er Saturn fortan keines Blickes mehr gewürdigt habe.

Man kann sich kaum einen eklatanteren Beweis für die hohe Vervollkommnung der modernen Sehwerkzeuge gegenüber den ersten, meist der Kunstfertigkeit der Beobachter selbst entstammenden optischen Erzeugnissen denken, als durch einen Vergleich der Zeichnungen aus der frühesten Epoche teleskopischer Beobachtungen mit den vollendeten Darstellungen der Gegenwart. Eine Auswahl älterer Darstellungen nach Huygens bedeutsamem Werke „Systema Saturnium“ bringt Fig. 8[2]) zur Anschauung. Sie enthält Zeichnungen: I. von Galilei (1610), II. von Scheiner (1614), III. von Riccioli (1640 und 1643), IV.—VII. von Hevel in Danzig (die letzte 1646), VIII. und IX. wieder von Riccioli (1647—1650), X. von einem Unbekannten (1646—1648), XI. von Fontana, XII. von Gassendi und Blancanus, endlich XIII. von Riccioli (1644 und 1645); man erkennt daran zugleich den langsamen aber stetigen Fortschritt.

Wenn nun auch manche Beobachter nahe daran waren, das wahre Wesen der wechselvollen Erscheinung des Saturnbildes zu erkennen, so gelang es doch erst Huygens, und zwar auf dem einzig rationellen Wege planmäfsig fortgesetzter Beobachtungen, bald nach einer später zu erwähnenden Entdeckung auch die seltsamen Gestaltänderungen Saturns zu enträtseln. Anfänglich hielt er die öffentliche

[2]) Aus: Newcomb-Engelmann's Populäre Astronomie. Leipzig, 1892. Verlag von Wilhelm Engelmann.

Mitteilung noch zurück, da er von anderer Seite weitere Bestätigung erwartete, und verkündete seine Entdeckung nur in dem Anagramm: aaaaaaa ccccc d eeeee g h iiiiiii llll mm nnnnnnnnn oooo pp q rr s ttttt uuuuu. Dasselbe findet sich in seiner ersten, 1656 erschienenen Schrift über den Gegenstand: De Saturni luna observatio, aus der wir entnehmen, dafs er seine Beobachtungen im Jahre 1655 zunächst mit einem 50 mal vergröfsernden Fernrohr von 12 Fufs Länge, weiterhin an einem solchen von doppelt stärkerer Vergröfserung anstellte. Die Lösung vorstehenden Anagramms gab er 1659 in dem schon oben citierten Hauptwerke durch den Satz: Annulo cingitur, tenui plano, nusquam cohaerente, ad eclipticam inclinato (Saturn wird von einem dünnen, ebenen, nirgends mit ihm zusammenhängenden und gegen die Erdbahn geneigten Ringe umgeben). Begreiflicherweise erregten diese wenigen inhaltreichen Worte, in welche mit bewundernswerter Geschicklichkeit Huygens seine ebenso erschöpfende wie ungemein einfache Erklärung einzukleiden verstand, in der wissenschaftlichen Welt ungeheures Aufsehen, denn er erläuterte damit die gesamten bislang unverständlich gebliebenen Erscheinungen als blofse Folge der verschiedenen Stellungen von Sonne und Erde zu der gegen die Ekliptik geneigten Ebene des Ringsystems.

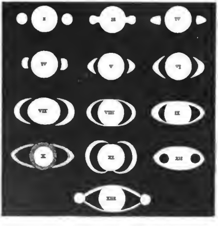


Fig. 8. Ältere Darstellungen Saturns aus der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts.

Dafs in der That durch die Huygensche Erklärung allen Wahrnehmungen Genüge geschah, ergiebt sich aus der Betrachtung der Figur 9. Die Beobachtungen wiesen ausnahmslos darauf hin, dafs die Ebene des Ringes nahezu mit dem Saturnäquator zusammenfällt, also gleich diesem mit der Ekliptik einen Winkel von 28 Grad einschliefst und während einer Revolution des Planeten um die Sonne sich beständig parallel bleibt. Beide Ebenen schneiden sich nun in einer Linie, die einerseits auf das Sternbild der Fische, andererseits

nach demjenigen des Löwen hinweist. Steht Saturn in den dieser Richtung entsprechenden Punkten A oder C seiner Bahn, so geht die Ringebene hinreichend verlängert zugleich annähernd durch den Erdmittelpunkt, und dies findet genau statt, wenn gleichzeitig die Erde bei ihrer Umkreisung der Sonne auf der Verbindungslinie Sonne—Saturn angelangt ist. Der Ring ist dann augenscheinlich von seiner schmalen Kante beleuchtet, und in der der Opposition nahen Stellung A müfste Saturn als eine elliptische Scheibe erscheinen, durch welche sich eine feine Lichtlinie hinzieht, die auf beiden Seiten etwas herausragt. Meist ist unter diesen Umständen der Ring überhaupt nicht oder nur in den allergröfsten Teleskopen sichtbar gewesen, wovon sich z. B. unter selten günstigen Bedingungen Julius Schmidt in Bonn am 16. Juli 1848 überzeugen konnte, da nur der schmale

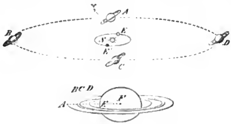


Fig. 9.

Schatten des Ringes auf der Scheibe des letzteren Existenz überhaupt verriet (Fig. 10), während derselbe Beobachter im gleichen Jahre am 14. September weder von einem Ring noch von einem Schatten auch nur die allermindeste Spur zu bemerken vermochte (Fig. 11). In solchen Beobachtungen liegt ersichtlich ein Beweis dafür, dafs die Dicke des Ringsystems sehr gering sein mufs.

Bei der Stellung Saturns in B, nachdem er also ein Viertel seiner Bahn durchwandert hat, wird die untere oder südliche Seite des Ringes, der sich ja unterdessen parallel geblieben ist, von den Strahlen der Sonne erleuchtet sein, und gleichzeitig mufs sich der Ring in seiner gröfstmöglichen Weite als stark geöffnete Ellipse präsentieren. Etwas Ähnliches tritt ein für die Stellung Saturns in D, nur mit dem Unterschiede, dafs dann die obere oder nördliche Seite der Sonne bezw. der Erde zugekehrt und hell beschienen ist. Von dem Moment, wo der Ring als schmales lichtes Band gesehen wird, bis zu der Periode der gröfsten Ringöffnung verfliefsen sonach rund

7 ½ Jahre; alle nur möglichen Abwechselungen werden sich in dem gleichen Zeitraume abgespielt haben, d. h. eine Wiederholung erfahren, in welchem Saturn seinen Umschwung um die Sonne vollendet. In der Opposition 1870 erschien z. B. die nördliche Fläche des Ringes beleuchtet und dieser soweit als möglich geöffnet; im Jahre 1899 wird sich diese Phase wieder ereignen. In der vorteilhaften Opposition von 1885 hingegen kehrte der Ring seine südliche Fläche der Erde zu und zeigte sich in der gröfsten Öffnung, wogegen wir 1891 direkt auf die schmale Kante blickten.

In aller Strenge gelten die hier angedeuteten Erscheinungen eigentlich nur für einen Punkt auf der Oberfläche der Sonne, oder wenn unsere Erde sich in den Richtungen AS, BS, CS resp. DS befindet. Der Umstand, dafs die Erde gleichfalls um die Sonne eilt, hat einige Verwickelungen im Gefolge, die hier noch kurz erörtert werden mögen. Wäre der Ring ein im eigenen Lichte leuchtender Körper, so würde bei der Stellung Saturns in A aus einem Punkte der Erdbahn, welcher sich möglichst weit von der Richtung SA entfernt, der Ring als ganz schmale Ellipse gesehen werden. Ist dagegen Saturn zwar den Punkten A oder C so nahe, dafs die Ringebene noch durch die Erde geht, auch wenn diese sich in ihrer Bahn weit rechts befindet, so wird die nördliche Ringfläche von den allerdings sehr schräg auffallenden Sonnenstrahlen bereits beleuchtet, aber wir sehen von der Erde aus auf ihre südliche Seite, oder umgekehrt, die noch gänzlich in Nacht gehüllt ist. Es kann somit ersichtlich in den Punkten A und C der Ring mehrmals verschwinden und wieder sichtbar werden, je nachdem die Erde oder die Sonne in die Ebene desselben eintritt. Leider steht aber in solchen Zeiten Saturn meist so ungünstig zur Sonne, dafs die zweifellos sehr interessanten Abwechselungen in der Erscheinung des Ringsystems nur schwierig wahrgenommen werden können.

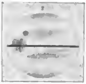


Fig. 10.



Fig. 11.

Beispielsweise ging am 22. September 1891 die Erde durch die Ebene des Ringes, nachdem am 13. September Saturns Konjunktion mit der Sonne stattgefunden hatte; er war daher zu der Zeit, wo sich der Ring von der scharfen Kante zeigen sollte, noch unsichtbar, und selbst Mitte Oktober war sein Abstand von der Sonne so gering, dafs

er bei Sonnenaufgang nur kurze Zeit dicht am Horizont gesehen werden konnte. Am 17. Oktober trat die Sonne ihrerseits in die Ringebene ein; der Ring hätte also wieder seine schmale Kante zeigen müssen, wenn er nicht aus einem andern Grunde gänzlich unsichtbar gewesen wäre. Zwischen dem 22. September und 17. Oktober stand nämlich die Sonne südlich, die Erde aber nördlich vom Ringe, sodafs wir auf seine unbeleuchtete Fläche blickten. Ende Mai des folgenden Jahres befand sich die Erde wiederum sehr nahe in der Ebene des Ringes, und dieser mufste, nachdem er also ein halbes Jahr, wenn auch unter ungünstigen Bedingungen sichtbar gewesen war, wieder wenigstens für kleinere Fernrohre verschwinden. Das letztere Stadium war erheblich vorteilhafter zu beobachten, weil Saturn bei etwas nördlicher Deklination erst Mitte März in Opposition sich befunden hatte.

Bereits im Jahre 1665 bemerkte der englische Amateurastronom William Ball in Mamhead bei Exeter mittelst eines 38 Fufs langen Rohres auf dem Ringe eine schmale dunkle Linie, die ihn gleichsam halbierte; indessen scheint es nicht, dafs er sich der Wichtigkeit dieser Wahrnehmung bewufst geworden ist. J. D. Cassini und ungefähr gleichzeitig sein Neffe Maraldi konnten diese Beobachtung im März 1677 nicht nur bestätigen, sondern unzweideutig nachweisen, dafs diese Linie eine vollständig durch den Ring hindurchgehende Trennung darstelle, derselbe also aus zwei mit einander nicht zusammenhängenden koncentrischen Teilen bestehe. Diese Kluft, welche man heutzutage ziemlich allgemein als die Cassinische Teilung bezeichnet, ist bei geeigneter Ringstellung unter sonst günstigen Umständen schon in mäfsig grofsen Fernrohren ohne Mühe zu unterscheiden; ihre Auffindung mit einem der alten unvollkommenen Rohre repräsentiert aber zweifellos eine hochachtbare Leistung.

Gänzlich einwandfreie Beweise dafür, dafs Cassinis Teilung eine solche in des Wortes eigentlichster Bedeutung sei, hat übrigens niemand anders als W. Herschel erbracht, der diese Behauptung erst aufzustellen wagte, nachdem er sich in der Zeit von 1778—1791 davon hatte überzeugen können, dafs die dunkle Linie auf der Nordwie auf der Südseite des Ringes ganz gleichartig erschien und sich stets von derselben Färbung erwies, wie der dunkle Himmelshintergrund.

Inzwischen hatte 1715 Maraldi, dessen oben schon gedacht wurde, daranf hingewiesen, dafs der Ring unmöglich völlig eben sein könne. Er glaubte sich zu diesem Schlufs berechtigt wegen der eigenartigen Erscheinungen, welche der Ring zu den Zeiten darbot, da er

als ganz enge Ellipse oder eigentlich als feiner Lichtstreifen die Saturnscheibe durchsetzte. Mit gröfserer Bestimmtheit sprach Messier 1777 die Vermutung aus, dafs der Ring wegen der an ihm bemerkten veränderlichen Lichterscheinungen Reliefgestaltung besitzen dürfte, und zu ähnlichen Ergebnissen sind auch andere Beobachter bis in die neueste Zeit hinein gekommen. Der schmale Lichtstreifen hat sich, zumal in kleineren Fernrohren, in der Regel nicht kontinuierlich, sondern aus einzelnen getrennten Lichtknoten zusammengesetzt erwiesen, die in ihrem Aussehen winzigen Trabanten auffallend vergleichbar waren und häufig an die Figur des Querschnittes einer Birne erinnerten. Die Lage dieser Lichtflecke war indessen unveränderlich, nicht blofs im Zeitraum von Stunden, sondern viele Tage und Wochen hindurch. Dieser Umstand vermehrt die Schwierigkeit der Erklärung solcher seltsamen Phänomene, namentlich für uns, die wir wissen, dafs der Ring nicht nur im allgemeinen rotiert, sondern in seinen einzelnen Teilen mit verschieden grofsen Geschwindigkeiten sich dreht. Die Figuren 12, 13 und 14, nach Julius Schmidts Zeichnungen hier reproduziert, veranschaulichen die merkwürdigen Erscheinungen hinsichtlich des Vorhandenseins von Lichtknoten aufs deutlichste; sie zeigen überdies, dafs keineswegs, wie man vermuten sollte, beide Ringansen sich vollständig gleichartig verhalten. Argelander, der mit Schmidt zusammen beobachtete, hatte mehrmals den Eindruck, als seien die Lichtknoten durchaus nicht unzusammenhängend, sondern durch schmale Lichtbrücken mit einander in Verbindung; der Letztgenannte vermochte aber nichts davon zu sehen. In dem gröfseren Washingtoner Refraktor hat sich Argelanders Mutmafsung als zutreffend erwiesen. Bei der Betrachtung Saturns in diesem



Fig. 12. 26. Juni 1848.

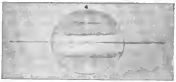


Fig. 13. 3. September 1848.



Fig. 14. 7. September 1848.

schönen Instrument vom September 1848 bis zum Januar 1849 blieb der Ring bis zu seiner äufsersten Begrenzung hin sichtbar — nur bei unzureichender Definition des Bildes schien er sich in einzelne Lichtknoten aufzulösen —; das ungemein schwache Lichtband zeigte sicher vier Verdichtungen in der Art, wie dies Figur 15 zum Ausdruck bringt. Dabei bezeichnet α den westlichen, β den östlichen Rand der Scheibe; die Buchstaben a, b, c und d entsprechen den beobachteten hellsten Stellen. Interessant ist insbesondere noch an dieser Darstellung der eigentümliche Abfall des Lichtes von a nach e und von d bis h auf der andern Ringanse. Die Astronomen des Harvard-Observatoriums haben durch Messungen festgestellt, dafs diese Lichtansammlungen mit den Dimensionen des Ringes in einfacher Beziehung stehen, und es ergab sich daraus eine verhältnismäfsig einfache Erklärung dafür, dafs der Ring eben so und nicht anders aussehen könne. Indessen soll auf diesen Punkt hier nicht näher eingegangen werden.



Fig. 15.

In Übereinstimmung damit hat Bessel durch sorgfältige Diskussion einer gröfseren Reihe von Beobachtungen, welche in Bezug auf das Verschwinden und Wiedererscheinen der Ringe angestellt wurden und sich über den Zeitraum von 1701 bis 1833 ausdehnen, die Unzulänglichkeit der Annahme dargethan, dafs der Saturnring von zwei einander parallelen Ebenen begrenzt sei; man würde demnach garnicht berechtigt sein, überhaupt von einer Ebene der Ringe zu sprechen, sondern wäre nur imstande, eine mittlere Ringebene zu definieren, welche sich allen Beobachtungen, dem inneren Werte derselben angemessen, so genau als möglich anschliefst. Diese Beweisführung ist nur insofern nicht absolut streng, als niemals mit vollster Bestimmtheit die genauen Momente des Eintrittes der Unsichtbarkeit und der wieder beginnenden Sichtbarkeit festgestellt werden können, sondern stets nur leidlich eng bemessene zeitliche Grenzen sich angeben lassen, innerhalb deren die bezeichneten Phänomene sich ereignen.

Eine fernere Bestätigung dafür, dafs das Ringsystem nicht gleichförmig und symmetrisch gebaut sein kann, fliefst aus den abnormen Abweichungen der Figur des Kugelschattens auf den Ringen. Auch hierüber liegen ungemein zahlreiche Beobachtungen vor, die mehrfach zu lebhaften Kontroversen rücksichtlich ihrer Berechtigung und Zuverlässigkeit Anlafs gegeben haben.

Zunächst beweist der Umstand, dafs überhaupt eine Beschattung des Ringes durch die Kugel und umgekehrt auch eine solche gewisser Teile des Saturn seitens der Ringe stattfindet, wie wir dies bereits vorausgesetzt hatten, dafs weder der eine noch der andere eigenes Licht besitzt. In der Nähe der Oppositionen kann der Schatten Saturns auf dem Ringsystem nur unter selten sich ereignenden Bedingungen bestimmt wahrgenommen werden, weil er alsdann auf die, von der Erde gesehen, direkt hinter der Kugel liegenden Teile des Ringes geworfen, mithin gröfstenteils verdeckt wird (Fig. 16). Man ist deshalb hierfür wesentlich auf die Zeiten angewiesen, wo Saturn sich weiter aufserhalb der die Sonne und die Erde verbindenden Linie befindet.

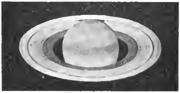


Fig. 16. **Saturn nach Secchi am 27. November 1855.**

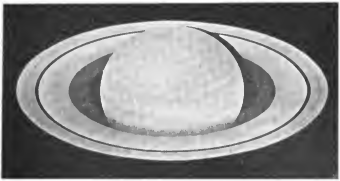


Fig. 17. **Saturn im März 1886.**

Ein Zweifel daran, dafs thatsächlich unter gewissen Umständen der Schatten anders aussah, als man nach den Regeln der Perspektive und unter der ferneren Voraussetzung, der Ring habe beiderseits nahezu ebene Begrenzung, erwarten durfte, erscheint vollständig ausgeschlossen. Im allgemeinen ist er gegen die Kugel konvex und verläuft durchaus scharf und regelmäfsig; nur dort, wo die Cassinische Trennungslinie auf ihn trifft, fliefst sie gleichsam mit ihm zusammen, und statt eines scharf zugespitzten Ausläufers des inneren Ringes

bildet sich eine kleine Abrundung. Aber man kann darüber nicht zweifelhaft sein, dafs es sich hierbei um eine rein subjektive Erscheinung handelt, die in etwas ein Analogon zu dem bekannten Phänomen des schwarzen Tropfens bildet (vgl. Fig. 16 und 17). Zu Zeiten hat nun der Schatten eine deutlich geradlinige oder gar gegen die Scheibe konkave Begrenzung gezeigt, und noch viel seltsamer sind die Deformationen der Schattenfigur, die manchmal gewifs stark übertrieben in den Zeichnungen auftreten (z. B. in Fig. 4 auf Seite 28), an deren Realität aber, da von völlig einwandfreien Beobachtern derartige Wahrnehmungen bestätigt wurden, vorerst festgehalten werden mufs.

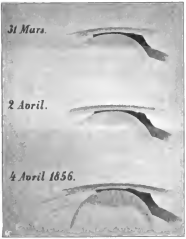


Fig. 18. **Secchis Zeichnungen des Saturnschattens.**

Wäre man gezwungen, Schattendeformationen, die also innerhalb nicht zu weiter Grenzen als durchaus möglich zugegeben werden können und sollen, in dem erheblichen Betrage, welchen besonders Fig. 22 und immerhin noch die in Fig. 18 reproduzierten Zeichnungen Secchis aus dem Jahre 1856 aufweisen, als reell anzusehen, so käme man damit zu der Annahme einer dermafsen ausgeprägten oder übertriebenen Reliefgestaltung des Ringsystems, welche bei der geringen, gewifs 200 km noch nicht erreichenden Dicke desselben höchst unwahrscheinlich ist. Begründeter mag dagegen der Schlufs sein, dafs die beiden getrennten Ringe zwei zwar wenig, aber doch merklich verschiedenen Ebenen angehören.

Wir verlassen damit diesen Gegenstand und wenden uns nunmehr der Betrachtung der einzelnen Ringe zu. Auf dem äufseren derselben, den wir in der Folge mit A bezeichnen werden, hatte schon Cassini einen deutlichen Lichtabfall von der Hauptteilung ab gegen seinen äufseren Rand hin angemerkt, eine durchaus zutreffende Wahrnehmung, die den Eindruck erweckt, als wäre dieser Ring aufsen abgerundet. Noch später ist wiederholt darauf hingewiesen worden, dafs er zeitweilig durch koncentrische dunkle Linien abschattiert er-

scheint (vgl. Fig. 16). Die daran anknüpfende Behauptung, dafs in ihnen weitere Teilungen des Ringsystems zu erkennen seien, ist indessen kaum als verbürgt zu betrachten; keinesfalls kann es sich in dem Sinne um Teilungen bleibender Natur handeln, wie wir dies von der grofsen Trennungslinie annehmen müssen, sondern nur um gelegentliche Bildungen, die schnell wieder verwischt werden. Nur eine der dunklen Linien auf A dürfte hiervon eine Ausnahme machen. Als Encke am 25. April 1837 am Fraunhoferschen Refraktor der Berliner Sternwarte Saturn betrachtete, erkannte er auf den ersten Blick, dafs der äufsere Ring auf beiden Ansen durch einen mit den Rändern parallel verlaufenden Schattenstrich in zwei sehr nahe gleiche Teile geschieden

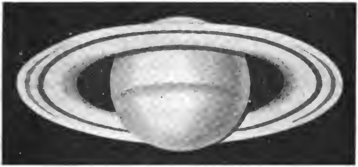


Fig. 19. **Saturn nach Encke am 25. April 1837.**

sei (Fig. 19). Die neue Teilung — denn um eine solche handelte es sich unzweifelhaft, da sie weiterhin auch auf der anderen Ringseite sich zeigte — war viel grauer als die gröfsere, welche in der Regel intensiv schwarz aussieht. Wiewohl es nicht ausgeschlossen ist, dafs diese Trennung bereits früher gelegentlich bemerkt wurde, so hat doch mit aller Bestimmtheit erst Encke auf sie aufmerksam gemacht, und es ist gewifs gerechtfertigt, wie es heute ziemlich allgemein geschieht, sie als die Enckesche Teilung zu benennen; wegen ihrer, zumal bei der Betrachtung in Rieseninstrumenten, auffallend grauen Färbung heifst sie wohl auch die „Bleistiftlinie". Man weifs übrigens, dafs sie nicht dauernd unveränderlich sein kann, denn zu Zeiten ist sie infolge ihrer leichten Sichtbarkeit ein bequemes Objekt selbst für mäfsig grofse Fernrohre, wohingegen sie häufig auch in den kraftvollsten Teleskopen nur mühsam unter denkbar günstigen äufseren Umständen gesehen wurde.

Trouvelot hat an der äufseren Begrenzung der Cassinischen Teilung, welche diesem Beobachter übrigens niemals so dunkel wie der Himmelshintergrund erschien, im 26 zölligen Refraktor von Washington einige Male winkel- oder zahnartige Ansätze gesehen, in verschiedener Zahl, die zwar veränderlich waren, aber keine Andeutung eines Wechsels der Stellung etwa infolge der Rotation erkennen liefsen. Fig. 4 auf S. 28 und Fig. 20 S. 87 geben davon eine Anschauung. Andere Teilungen sind von ihm in keinem Falle bemerkt.

Die Färbung des inneren Ringes ist von derjenigen der Saturnkugel grundverschieden; während diese mattgrau erscheint, ist jener nach dem übereinstimmenden Urteil fast aller Beobachter glänzend gelb oder weifs, wie denn auch seine Flächenhelligkeit die der Saturnoberfläche übertrifft. An der Hauptteilung beginnt B mit einer schmalen sehr hellen Zone und wird dann in schneller Abstufung dunkler; der innere Rand ist undeutlich und verwaschen. Dieses Aussehen des Ringes hat, wie es scheint, mehrfach den Irrtum erregt, dafs einige Beobachter auch bei B noch eine oder mehrere Teilungen konstatiert zu haben vermeinten. Sehr wohl denkbar ist es indessen, dafs ähnlich wie bei Ring A, so auch hier sporadisch feine Streifen auftreten, die den Charakter von Trennungslinien haben, ohne doch beständig zu sein; so wenigstens erklären wir uns die Entdeckung einer sogenannten Ringteilung etwa in der Mitte von B durch Antoniadi auf der Sternwarte von Juvisy. Zwei weitere, ebenfalls dort angeblich gesehene, ungemein zarte Teilungen sind seitens anderer Beobachter nicht erkannt worden. Insbesondere hat — und das ist im höchsten Mafse verwunderlich — der 36 zöllige Refraktor der Licksternwarte weder von diesen noch von ähnlichen Vorgängen bisher etwas verraten. Im Gegenteil hat in diesem künstlichen Riesenauge Saturn mitsamt seinen Ringen stets ein normales Aussehen, eine verblüffend einfache Gliederung und nicht die mindeste Seltsamkeit hinsichtlich der Schattenbegrenzung enthüllt, wie Barnard erst letzthin wieder ausdrücklich betont hat und wie auch seine Zeichnung lehrt (vgl. Fig. 21). Man darf sich deshalb wohl am Schlusse dieser Betrachtungen über den Bau des glänzenden Ringsystems die Frage vorlegen, ob man gezwungen ist, alle solche Wahrnehmungen, deren Gutgläubigkeit auch nicht entfernt angezweifelt werden soll, als Ermittelungen subjektiver Art anzusprechen, die der Täuschung nur zu leicht unterworfen sind, oder ob unseren Riesenteleskopen in diesen Dingen eine thatsächlich erwiesene mindere Leistungsfähigkeit innewohnt, was uns zunächst noch einigermafsen unwahrscheinlich dünkt.

Indessen ist hier nicht der Ort, eine Antwort darauf zu geben, die im Grunde auch wieder nichts als eine persönliche Anschauung sein und deshalb kaum darauf rechnen könnte, allgemeinen Beifall zu finden.

1851 sprach O. Struve auf Grund einer Vergleichung älterer

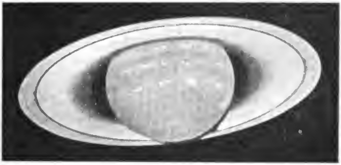


Fig. 20. Saturn nach Trouvelot im Jahre 1872.

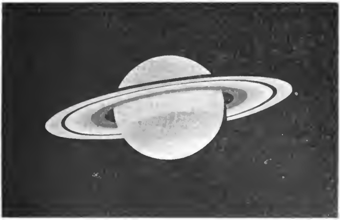


Fig. 21. Saturn nach Barnard am 2 Juli 1894.

Darstellungen mit den von ihm selbst erhaltenen Beobachtungen die Vermutung aus, dafs die Ringe nach der Kugel hin allmählich gewachsen sind, also an Breite merklich zugenommen haben müfsten, obwohl ihre äufsere Grenze eine Verschiebung nicht erlitten hätte. Indessen konnte diese Ansicht wenig Anhänger gewinnen, da einesteils

jenen älteren Aufzeichnungen nicht die zu einer rechnerischen Vergleichung erforderliche Genauigkeit beigemessen werden darf, andererseits ein so beträchtliches Wachstum sich durch zeitgenössische Beobachtungen nicht bestätigen liefs.

Dagegen schien eine bereits von Schwabe in Dessau früher bemerkte excentrische Lage des Ringsystems zur Kugel besser begründet zu sein, nur bereitete ihre Erklärung, obwohl sie durch Messungen anscheinend genügend verbürgt war, erhebliche Schwierigkeiten, indem sie, unabhängig von der Stellung Saturns zu Erde und Sonne, sich oftmals in wenigen Tagen veränderte. Aber auch hier haben neuere Messungsergebnisse gelehrt, dafs eine solche höchstens innerhalb der unvermeidlichen Fehlergrenzen liegen könne, demnach sehr klein sein müsse, und dafs vermutlich die Ursache dieses Anscheins nur in der Unbestimmtheit der inneren Ringgrenze und in einer meist schwierig wahrnehmbaren Fortsetzung derselben zu suchen sei.

Auf diesen Umstand war Galle, der nachmalige Entdecker Neptuns, schon 1838 aufmerksam geworden. Am 25. Mai zuerst und in der Folge noch mehrmals, bemerkte er, dafs der dunkle Raum zwischen Saturn und seinen Ringen etwa zur Hälfte aus dem allmählichen Übergang des inneren Randes zur Dunkelheit bestehe, sodafs die Verwaschenheit eine bedeutende Gröfse haben würde. Ungefähr gleichzeitig machte Dawes bei Maidstone in England dieselbe Entdeckung. Ohne hiervon unterrichtet zu sein, fand dann Bond am 11. November 1850, nachdem er bereits am vorhergehenden 10. Oktober etwas derartiges vermutet hatte, mit voller Bestimmtheit, dafs sich an Ring B ein weiterer schmaler, blasser und nebelartiger Ring von stahlblauer Farbe unvermittelt anfügte, der nachmals vielfach gesehen und gezeichnet wurde; 1874 hatte es dagegen vielmehr den Anschein, als ob beide Ringe unmerklich in einander übergingen, und auch gegenwärtig ist wohl kaum eine scharfe Grenze zu bestimmen. Sehr seltsam ist nun die Thatsache, dafs dieser sogenannte dunkle oder Florring durchsichtig oder durchscheinend ist, denn wo er sich über die Scheibe hinzieht, bleiben deren Konturen wenigstens teilweise sichtbar. Dennoch ist er keineswegs ein leicht zu beobachtendes Objekt. Fig. 21 zeigt ihn, wie er von Trouvelot gezeichnet wurde; am besten ist aber der Eindruck, welchen er in gewöhnlichen Fernrohren hervorruft, noch in Fig. 4 wiedergegeben, wo man ihn nur eben erkennen wird.

(Schlufs folgt.)

Mittheilungen.

Aus Fixsternräumen.

Einige neue Nachrichten aus Fixsternräumen, die uns durch Spektral-Analyse, Photographie und direkte Beobschtung überliefert sind, zeigen, dafs wir auch bei der Erforschung der sohten Sphäre täglich neue Besonderheiten kennen lornen, deren Ordnung, selbst wenn sie Änderungen nicht unterworfen sind, noch Geschleohtern Arbeit geben mufs.

Der Besselsche Schwanenstern — jener uns nahe Doppelstern —, den Wilsing und Jacoby[1]) bereits spektogrsphisch geprüft haben, ist von dem fleifsigen und geschiokten Pulkowaer Observator Belopolsky suf seine Bshn hin nooh einmsl untersuoht worden. Vergleioht man die Meridisnbeobaohtung des helleren der beiden Sterne mit den in Pulkowa gewonnenen Photogrsmmen des Spektrums, so liefern die ersteren, da die Entfernung dieses Sterns so genau bekannt ist, den quer gegen die Gesichtslinie, die letzteren den in diese fallenden Teil seiner Geschwindigkeit. Der gegen die Sonne gerichtete Teil ist 54,3 km in der Sekunde gegen die Sonne hin; ds diese selbst aber sich mit einer suf 15 km zu taxierenden Geschwindigkeit nach einem Punkte im Sternbilde des Herkules hinbewegt, so bleibt als absolute Bewegung des Sterns gegen einen in der Riohtung zur Sonne gelegenen festen Punkt nur 43,2 km übrig. Setzt man die Entfernung des Sterns von der Sonne $6^1/_2$ Liohtjshren gleich, wshrend seine jährliche Eigenbewegung nsch den Meridianbeobachtungen gleich 5,2 Bogensekunden angenommen wird, so ergiebt sioh der andere Teil der Geschwindigkeit zu 48,3 km gegen die Sonne und 36,4 km gegen einen festen Punkt, wenn der Sonnenbewegung Rechnung getragen wird. Hieraus setzt sich die Geschwindigkeit zu 56,4 km zussmmen. Die geradlinige Bahn des Sternenpaares ist unter 140^0 gegen die Sehlinie geneigt, und die Bewegung vollzieht sich in einer Ebene, die unter 61^0 gegen die durch die Sonne, den Pol und den Stern gelegten Ebene geneigt ist.

[1]) H. u. E. Bd. VI. S. 383 f.

Derselbe Beobachter wollte über einen andern bekannten und hellen Doppelstern, nämlich Castor, eine ähnliche Untersuchung anstellen, gelangte aber nebenbei zu einem recht merkwürdigen Ergebnisse.[2]) Zu den beiden hellen Sternen, die ihren Umlauf um den gemeinsamen Schwerpunkt in ungefähr tausend Jahren vollenden, tritt nämlich, wie das Spektrum des hellen Sternes deutlich zeigt, ein dunkler Begleiter dieses letzteren, der ihm so nahe steht, wie Algol dem seinigen, aber sich viel unschuldiger als dieser verhält, indem er keine Verfinsterungen des Hauptsterns erzeugt. Während also für Algol die Vermutung eines dunklen Trabanten aus seiner eigentümlichen Veränderlichkeit sich ergeben konnte, welche freilich zur Gewifsheit erst durch die Potsdamer Spektralphotogramme wurde, verdanken wir die Kunde von dem neuen dunklen Stern im Castorsystem nur der Spektralanalyse, die periodische Änderungen des in die Gesichtslinie fallenden Teiles der Geschwindigkeit des Hauptsterns zeigte. Aus 13 Photogrammen erhält man unter vorläufiger Annahme einer Kreisbahn für den dunklen Himmelskörper eine Umlaufszeit von 2,98 Tagen. Der Schwerpunkt des Hauptsternsystems bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von einer geogr. Meile in der Sekunde von der Sonne weg, während sich jeder von beiden Sternen desselben um den andern mit einer Geschwindigkeit von $4^1/_2$ Meile herumbewegt. Das Spektrum des Hauptsterns hat im übrigen eine gewisse Ähnlichkeit mit dem des Sirius; es enthält nämlich — wie dieses — breite Wasserstofflinien und viele feinere, hauptsächlich dem Eisen angehörige Linien, während der zweite helle Stern des Castorsystems weniger zahlreiche Linien im Spektrum aufzuweisen hat.

Seit den frühesten Tagen der Sternspektrenforschung hat der Stern γ in der Cassiopeja ein besonderes Interesse für sich in Anspruch genommen. Pater Secchi entdeckte nämlich helle Linien in seinem Spektrum, für deren Sichtbarkeit man später eine Periodizität aufzufinden glaubte. Nun hat Huggins in South Kensington 53 photographische Aufnahmen des Spektrums gemacht und innerhalb der

[2]) Bull. Ac. Imp. Sc. St. Petersbourg, Vol. IV. No. 3. Über Doppelsterne überhaupt entnehmen wir einem Vortrage von See im Washingtoner Meeting der Nat. Ac. of Science, dafs man heute, 115 Jahre nachdem Sir W. Herschel seine Riesenarbeit begonnen hat, erst 40 Doppelsternbahnen genau kennt, und erst in wenigen Fällen, die nicht entscheidend sind, das Vorhandensein störender Körper gewifs ist, während wie Ref. hinzufügt, in anderen Fällen sich die Abweichungen nach Tisserand eher durch eine Abplattung des Hauptsternes erklären lassen. Grofse Excentrizitäten kommen hier 12 mal so häufig als bei Planetenbahnen vor; aber das Gesetz der Schwerkraft herrscht bei jenen Körpern wie bei diesen, und auch die Spektral-Untersuchungen bestätigen dasselbe.

sechs Jahre, die diese Aufnahmen umfassen, die hellen Linien in der That mit konstanter Helligkeit wahrgenommen. In allen mit stärkerer Zerstreuung aufgenommenen Photogrammen zeigen sich aber die Wasserstofflinien doppelt, wie im Falle von β in der Leier,[3]) und dies deutet auf das Vorhandensein zweier Bestandteile des fraglichen Sterns, die aber wegen der Unveränderlichkeit des Abstandes in den Linien selbst in konstantem Abstande von einander befindlich sein müssen. Die hellen Wasserstofflinien liegen ferner über breiten dunklen Banden und anderen infolge dessen schlecht sichtbaren dunklen Linien in verschiedenen Teilen des Spektrums, wie sie auch in den Spektren von ζ im Orion und von Bellatrix gesehen worden sind. Dafs die letzteren sicher sind, zeigen auch Photogramme, die Keeler in der Lickstern-warte erlangt hat. Eine Erklärung der zahlreichen Besonderheiten gerade dieses Spektrums wird nicht einfach zu geben sein.

Zuletzt das Neueste über den ältesten aller als veränderlich erkannten Sterne, den „wunderbaren" Stern im Walfisch, dessen Lichtwechsel der ältere Fabricius 1638 aufgefunden hat. Während man im allgemeinen das höchste Anwachsen seines Glanzes nach Verlauf von 331 Tagen erwarten darf, hat sich dasselbe bei der letzten Erscheinung merkwürdig verspätet. Es war für den 9. Dezember 1895 vorausgesagt, trat aber erst Ende Januar oder Anfang Februar 1896 ein. Dergleichen Abweichungen sind für diesen, seinen Beinamen durchaus rechtfertigenden Himmelskörper freilich schon vorher passiert, ohne dafs man indes bisher ein Gesetz für dieselben auffinden konnte.[4]) Ähnliche, wenn auch nicht so starke und unregelmäfsige Abweichungen zeigt, wie Pannekoek[5]) erwähnt, der 1856 von Baxendall als Veränderlicher erkannte Stern R in der Leier, der früher eine Periode von 46 Tagen hatte, die heute auf 48 gewachsen ist.

Das Spektrum des „wunderbaren" Sterns ist nun während des letzten Lichtmaximums von Prof. Wilsing in Potsdam 11 mal photographisch aufgenommen worden[6]) und erweist sich sehr ähnlich den vor einigen Jahren von Pickering gemachten Aufnahmen, indem das Vorhandensein von Wasserstoff sich durch breite helle Linien verrät. Dafs die eine Wasserstofflinie H ε auch hier nicht vorkommt, erklärt sich daraus, dafs sie einer hellen Calciumlinie sehr nahe steht, so

[3]) H. u. E. Bd. VI S. 241, 382.

[4]) Aus Bull. Soc. astr. de France April 96 ist zu entnehmen, dafs unter den letzten 12 Maximis nur 4 mit der Voraussage in ihrem Eintreten stimmten, 3 sich verspäteten, 5 unsicher waren.

[5]) A. N. No. 3252. [6]) Sitz. Ak. Wiss. Berlin 1896, März 26.

dafs die Wasserstoffstrahlen jener Wellenlänge von Calciumdämpfen verzehrt werden. Man mufs demnach annehmen, dafs aufserhalb des glühenden Wasserstoffes eine kühlere Calciumschicht existiert. Man weifs bisher übrigens nicht, ob die Wasserstofflinien nicht eben blofs zur Zeit des Maximums sichtbar waren, weil der Stern sonst für die Potsdamer Instrumente zu schwach ist. Es sind keine anderen hellen Linien im Spektrum des Sternes nachweisbar als solche des Wasserstoffs; im übrigen stimmt das Spektrum in dem brechbareren Teile fast vollständig mit demjenigen der Sonne überein, in dem weniger brechbaren Teile zeigen sich aber dunkle Kanelierungen, die auf der roten Seite schwächer sind. Wahrscheinlich sind die hellen Linien etwas nach der brechbareren Seite hin verschoben, aber eine Bestimmung der Geschwindigkeit in der Gesichtslinie liefs sich nicht vornehmen. Verdoppelung von Linien wie bei β in der Leier oder γ in der Cassiopeja wurde hier nicht bemerkt, aber eine dunkle Linie an der Seite der hellen Wasserstofflinien Hε erinnert an dieselbe Erscheinung im Spektrum von β in der Leier. Sm.

Eine sehr bemerkenswerte historische Mondfinsternis.

Die Klarlegung der Geschichte der Babylonier und Assyrer hat bekanntlich mit der Entzifferung der Keilschrift ihren Aufschwung genommen, denn erst durch die Lesbarkeit der babylonischen Thontäfelchen haben die Zeitgrenzen der Regierungsdauer einzelner Könige genauer festgestellt, und die Listen der Aufeinanderfolge jener Herrscher allmählich vervollständigt werden können. Mancherlei Schwierigkeiten begegnet derzeit der Forscher noch in der Zeitrechnungsart der Assyrer und Babylonier. Da erst mit der völligen Aufklärung der von diesen alten Völkern befolgten Methode der Zeitrechnung ein richtiges Einreihen der uns überlieferten historischen Ereignisse ermöglicht und hierdurch das Verständnis der antiken Geschichte angebahnt wird, so sind neuere Arbeiten bemüht gewesen, die hier vorkommenden Zweifel zu lösen. Ein Wiener Chronologe, Dr. E. Mahler, hat die Hauptschwierigkeit, nach welcher Weise nämlich die Assyrer mit den Schaltjahren beim Gebrauche ihres Mondjahres vorgingen (sowohl der Anfang des Jahres als der Monate hing bei den Assyrern und Babyloniern vom Monde ab) zu besiegen gesucht und hat auf Grund gewisser Voraussetzungen aufgebaute Tabellen entworfen, welche eine Vergleichung der babylonischen und christlichen Zeitrechnung bis in die sehr alte Zeit zurück ermöglichen. Die Richtigkeit dieser Tabellen,

welche, wie man wohl sieht, für die Geschichte wie für die Chronologie gleich wichtig sind, schien bisher nach einigen Beispielen für die Zeit des Kambyses und der Seleuciden annehmbar zu sein. Nun fragt es sich, ob die Richtigkeit der Mahlerschen Tabellen auch für eine viel weiter zurückliegende, bisher überhaupt sonst nicht erreichte Zeit, erhärtet wird.

Die Kontrole der Mahlerschen Tabellen würde nämlich in dem Falle möglich werden, wenn uns das babylonische Datum irgend eines astronomischen Ereignisses, z. B. einer Finsternis, keilinschriftlich überliefert wäre; wir würden dann die Zeit des Eintrittes dieses Ereignisses durch Rechnung ermitteln und in der Lage sein, das babylonische Datum mit dem christlichen vergleichen und dadurch die Mahlerschen Tabellen prüfen zu können. Obwohl nun die babylonischen Thontafeln nicht arm an astronomischen Beobachtungen sind, so mangelt doch gerade bei den Finsternisangaben die Datierung. Es ist darum die Entdeckung Boissiers sehr wertvoll, dafs sich auf einer im Museum zu Constantinopel befindlichen Thontafel, die der sehr frühen babylonischen Zeit angehört, ein Bericht über eine beobachtete Mondfinsternis mit genauer Datierung nach Tag und Monat vorfindet — ein bisher vereinzelt dastehendes Beispiel in der keilinschriftlichen Litteratur. Der Bericht lautet wie folgt: „Ich Samassumukin, der König, der Sohn seines Gottes, dessen Gott Marduk, dessen Göttin Sarpanit ist, bin angesichts der verhängnisvollen Mondfinsternis, die am 15. Schabat sich zugetragen hat, und wegen des Unglücks, der bösen und ungünstigen Vorzeichen, die in meinem Palaste und in meinem Lande zu beobachten sind, in Furcht und Schrecken.“ Der Berliner Assyriologe Dr. C. F. Lehmann hat die Aufsuchung des Datums der Mondfinsternis unternommen. Der Erfolg einer solchen Aufsuchung kann nur dann ein sicherer sein, wenn für die ganze Regierungszeit des Königs Samassumukin (668—648 vor Chr.) sämtliche in Mesopotamien sichtbar gewesenen Mondfinsternisse berechnet vorliegen. Der Schreiber dieser Zeilen hat vor kurzem ein Werk vollendet, welches über die Sichtbarkeitsverhältnisse aller in den Abendländern und dem Oriente während eines Zeitraums von 1500 Jahren stattgehabten Sonnen- und Mondfinsternisse detaillierte Auskunft giebt. Dieses Werk, von welchem gelegentlich noch in unserer Zeitschrift die Rede sein wird, bot durch die darin auch speziell für Babylon ermittelten Mondfinsternisse die Grundlagen zur Entscheidung. Da es sich um eine im Monat Schabat (Januar oder Februar) vorgefallene Mondfinsternis handelt, konnte Dr. Lehmann

mit Hilfe dieses Materials bald entscheiden, dafs von den drei zwischen 668—648 in den Januar und Februar fallenden, in Ninive und Babylon sichtbar gewesenen Mondfinsternissen nur das Datum einer einzigen, jener vom 17. Februar 664 v. Chr., dem 15. Schabat entsprechen kann. Dies ist nun in der That nach den Mahlerschen chronologischen Vergleichungstabellen der Fall. Im Jahre 664 ist nach diesen Tabellen der 1. Schabat gleich dem 4. Februar, in dem Sinne, dafs nach babylonischer Zählweise dieser letztere Tag vom 3. Februar nachmittags 6 Uhr bis zum 4. Februar nachmittags 6 Uhr gerechnet wird, wie ja überhaupt eine Anzahl von Völkern den Tag von Sonnenuntergang zu Sonnenuntergang gezählt haben. Demgemäfs beginnt der 15. Schabat am 17. Februar mit Sonnenuntergang und endet am nächsten Tage um Sonnenuntergang. Die Verfinsterung trat, wie die nähere Rechnung zeigt, am 17. Februar abends ein, und zwar erreichte die Finsternis ihre Mitte in Babylon um 6 Uhr 2 Min., ihr Ende um 7 Uhr 50 Min. Fast $^{8}/_{10}$ des Mondes wurden verfinstert. Da der Mond verfinstert über den Horizont kam, und die Verfinsterung kurz nach seinem Erscheinen ihr Maximum erreichte, mufs der Eindruck der Finsternis unter dem Volke ein nachhaltiger gewesen sein, und es wäre erklärlich, wenn der König den Tag in seinen Annalen als einen Unglückstag besonders hat verzeichnen lassen. Gegen die Identifizierung des 17. Februar mit dem 15. Schabat kann die Einwendung gemacht werden, dafs in dem Falle, wenn die Assyrer ihren Monat erst vom Tage des Erscheinens der Mondsichel ab zählten, man den ersten Schabat erst am 5. Februar beginnen lassen konnte (Neumond fiel auf den Nachmittag des 3. Februar). Dann würde das Datum der Mondfinsternis vom 17. Februar nicht dem 15., sondern dem 13. Schabat entsprechen. Ob man sich für die letztere Annahme oder aber für die Mahlersche, welche den 1. Schabat 664 v. Chr. auf den Abend des Neumondtages setzt, zu entscheiden hat, mag als Streitfrage den Assyrologen überlassen bleiben. Die von Dr. Lehmann gefundene Übereinstimmung der Mahlerschen Tafeln mit dem Datum der Mondfinsternis bleibt bei dem wenigen, was wir über assyrische Chronologie wissen, und bei den rechtsehr divergierenden Meinungen jedenfalls ein bemerkenswertes Ergebnis. F. K. Ginzel.

Bibliographisches

H. G. Zeuthen: Geschichte der Mathematik im Altertum und Mittelalter. Kopenhagen. A. F. Höst & Sön. 1896.

Ein gut durchdachtes Buch, das besonders jenen zu empfehlen ist, welche, ohne auf das grofse Werk Cantors eingehen zu wollen, einen Überblick der Entwicklung der Mathematik zu gewinnen suchen. Das Hauptgewicht legt der Verfasser auf die Darstellung des Entwicklungsganges der griechischen Mathematik; betreffs der 13 Bücher der Elemente Euklids wird der Inhalt jedes der einzelnen Bücher besprochen, aus welchem Grunde allein das Werk für viele sehr lesenswert sein dürfte. Die Ägypter, Babylonier, Araber, Inder und die Anfänge der mittelalterlichen Mathematik sind sehr kurz behandelt. Die Hauptsache ist dem Verfasser gewesen, darzuthun, in welchen Formen sich die mathematischen Erkenntnisse allmählich entwickelt haben; das Eingehen auf Details hat er deshalb vermieden. G.

Franz Bley: Die Flora des Brockens, gemalt und beschrieben. Mit 9 chromolithographischen Tafeln. Berlin, Gebr. Bornträger. 1896.

Den Tausenden von Touristen, welche den Harz und besonders dessen höchsten Gipfel alljährlich besuchen, bieten Verfasser und Verleger in dem kleinen, vorzüglich ausgestatteten Buche gewifs eine willkommene Gabe. Wer die Berge durchwandert, dem geht erfahrungsgemäfs der schlummernde Sinn für die herrlichen Schöpfungen der Natur sehr bald auf. Wer den schroffen Fels und die Steinwildnis bewundernd schaut, der achtet unbewufst auch auf das Blümlein, das sich in bescheidener, aber vollendeter Schönheit entfaltet. Ein Sträufschen ist bald gepflückt, und schon erwacht der Wunsch, wissen zu wollen: „Was sind das für zierliche Blumen, die du sonst garnicht beachtet hast?“ Hier hilft das Buch mit seinen zierlichen Bildern, in welchen gerade die augenfälligen und selteneren Kinder des Brockens Berücksichtigung fanden. Die von Berdrow verfafste Skizze über Naturkunde, Sage und Geschichte des Brockens ist eine Beigabe, welche dem Harzfreunde den Besitz des Buches, das keinen Anspruch auf wissenschaftliche Vertiefung erhebt, noch begehrenswerter machen wird. C. M.

Otto Wilhelm Thomé: Lehrbuch der Zoologie. 6. Auflage. Mit über 700 Figuren auf 389 Holzstichen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1895.

Unter den in erster Linie dem Schulunterricht angepafsten Lehrbüchern der Zoologie darf das nun bereits in 6. Auflage erschienene Buch Thomés zweifellos zu den besten gerechnet werden, welche unsere Litteratur aufweist. Es giebt eine treffliche Übersicht über die reiche Fülle der Tierwelt, ohne jedoch auf die Biologie einzugehen. Es wird das gewifs von vielen Seiten als Mangel

empfunden werden. Wir machen aber dem Verfasser daraus keinen Verwurf, weil die Ziele des Verfassers eben nur dahin geben, durcb das Buch das Tierreich in seinen Haupttypen zu schildern. Ob es dann aber empfehlenswert war, dafs als eine Art Anhang die Tiergeographie Berücksichtigung fand, möchten wir bezweifeln. Unserem Dafürhalten nach wären dann dech einige bielegiscbe Erörterungen besser am Platze, etwa Hinweise auf Tierwanderungen, Brutpflege, Genossenschaftsleben, Schutzfärbungen, Winterschlaf, Kunstfertigkeiten u. dergl. Sind stellenweise solche Dinge erwähnt, se verschwinden sie dem Lernenden, wenn sie nicbt gesammelt vem bestimmten Gesichtspunkte aus behandelt werden. In einer späteren Auflage würden wir die Moneren des Verfassers mit den Amöben vereinigen und die Bakterien als „Spaltpilze“ aus dem Tierreiche verschwinden lassen. C. M.

Otto Wilhelm Thomé: Der Mensch, sein Bau und sein Leben nebst Hinweisen auf die Gesundheitspflege und den Grundzügen der Naturgeschichte des Menschengeschlechts. 2. Auflage. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sehn. 1895.

Das 111 Seiten umfassende, durcb vorzügliche Abbildungen illustrierte Werkchen ist ein Sonderabdruck des ersten Abschnittes des Lehrbuches der Zeelegie desselben Verfassers. Wir können dieses zum Selbststudium vortrefflich geeignete Schriftchen allen Laien auf das wärmste empfehlen, da man zwar veraussetzen sellte, dafs jeder den Inhalt des Buches als zur Allgemeinbildung unerläfslichee geistiges Eigentum besitzen müfste, man aber leider gestehen mufs, dafs die wenigsten, die im Besitze moderner Bildung sind, wissen, wie der Mensch selber erganisiert ist. C. M.

Moritz Willkomm: Bilder-Atlas des Pflanzenreichs. 3. Auflage. Efslingen, J. F. Schreiber. 1896.

In 3. Auflage erschien der allen Freunden der Pflanzenwelt empfehlenswerte Atlas des im verigen Jahre verstorbenen Verfassers, welcher sich durcb seine Forschungen in der Pyrenäenhalbinsel einen dauernden Namen erwerben hat. Dem Anfänger werden die kelerierten Tafeln gewifs von Nutzen sein, wenngleich wir die Farbentöne nicht immer als natürlich wiedergegeben bezeichnen können. Eine sergfältigere Farbennüancierung würde freilicb den äufserst geringen Preis des Werkes unmöglich machen. C. M.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Gipfelturm des Cimon della Pala.

Verwitterungsformen des triadischen (tirolischen) Riffdolomites. — Nach einer Photographie von Sella.

Himmel und Erde.

Über Korallenriffe und ihren Anteil an dem Aufbau der Erdrinde.

Von Dr. **Fritz Frech,**
Professor der Geologie an der Universität zu Breslau.

1.
Einleitung.

Der Kalk spielt im Leben der Menschheit eine überaus bedeutsame Rolle. Das Fundament unserer modernen Häuser besteht meist aus Kalkwerkstücken; der Mörtel besteht aus gebranntem, der gestampfte Asphalt der Strafsen aus bituminösem (Erdwachs enthaltendem) Kalk. Zum Schmuck unserer Häuser und Denkmäler verwendet man die grob- und feinkörnigen Varietäten (Marmor) desselben Gesteins, welches einen der wichtigsten Bestandteile unserer Erdrinde bildet und hauptsächlich durch organische Vorgänge entstanden ist. Nur der schon erwähnte körnig-krystalline Kalk oder Marmor, der als Einlagerung im Urgebirge vorkommt, stellt eine rein chemische Abscheidung aus den ältesten, des organischen Lebens ermangelnden Meeren dar.

Die Kalkmassen, die seit Beginn der geologischen Zeitrechnung, d. h. seit der Entstehung erhaltungsfähiger Organismen sich im Meere und im Süfswasser absetzten, sind ausnahmslos direkt oder indirekt von Tieren oder Pflanzen gebildet worden.

Auf direktem Wege findet eine organische Kalkbildung statt, wenn die kalkigen Hartgebilde der Korallen oder der Schaltiere nach mehr oder weniger bedeutenden chemischen Veränderungen zu Stein erhärten.

Von einer indirekten Anteilnahme der Organismen an der Entstehung von Kalk kann gesprochen werden, wenn die

Meeresbrandung die tierischen und pflanzlichen Kalkskelette zu Sand oder Schlamm zerreibt, und nun die freie Kohlensäure des Wassers denselben auflöst. Sobald der Kalksand sich schichtenartig absetzt und erhärtet oder der aufgelöste Kalk aus dem lokal übersättigten Meereswasser ausgefällt wird, findet die Bildung eines organogenen Gesteines statt, in dem die Reste organischer Wesen nur noch vereinzelt enthalten sind.

In den Ablagerungen der heutigen Meere sind Kalke mit undeutlich erhaltenen oder gänzlich fehlenden organischen Resten nicht selten; diese der organischen Struktur entbehrenden Kalke werden um so häufiger, je weiter wir in der Reihe der geologischen Schichten abwärts steigen. Denn fast alle in der Erdrinde erfolgenden chemischen Umsetzungen arbeiten auf die Vernichtung der organischen Strukturformen hin.

Jede marine Tiergruppe, die ein Kalkskelett abzuscheiden im stande ist, kann unter günstigen Bedingungen gesteinbildend auftreten. Wir kennen Austernbänke aus der Jetztwelt so gut wie aus allen Perioden der Erdgeschichte bis zur Liaszeit (s. S. 110) abwärts; andere Kalke bestehen vollständig aus den Gehäusen der Moostierchen oder Bryozoen, der Seeigel, Spongien, Crinoiden und Pteropoden; ja es giebt Bildungen, die vollkommen aus den abgerollten Knochen von Fischen zusammengesetzt sind.

Unter den Meereskalken der Jetztzeit treten zwei Gebilde hervor: Das eine besitzt durch seine bedeutende horizontale Ausdehnung, das andere durch die auf einzelne Punkte konzentrierte, gewaltige Mächtigkeit hervorragende Bedeutung.

Der der Schreibkreide vergleichbare Globigerinenschlamm ist das Produkt der kleinsten im offenen Meere herumschwimmenden Lebewesen, der Foraminiferen, vor allem der Gattung Globigerina. Dieselben nehmen in gröfserem oder geringerem Prozentsatz an der Zusammensetzung eines jeden marinen Kalkes Teil, erscheinen aber als ausschliefsliche Sedimentbildner nur in den grofsen Meerestiefen.

2.

Bemerkungen über die Bildung der Korallenriffe der Jetztzeit.

Während die Globigerinenerde über 127 Millionen Quadratkilometer des heutigen Meeresbodens ausgebreitet ist, tritt Korallenschlamm und Korallensand nur auf dem Raume von etwa 7 Millionen Quadratkilometern auf. Innerhalb des Gebietes der losen, durch die

Meeresbrandung aufbereiteten Korallenabsätze finden sich Korallenbauten[1]) in einer Mächtigkeit von tausend, ja von Tausenden von Metern.

Man darf bei dem Ausdruck Koralle nicht an die rote im Mittelmeer lebende Edelkoralle (Corallium rubrum) denken. Dieses zu Schmuckgegenständen verarbeitete rote Gebilde ist das innere Axenskelett einer Gattung, die in fossilem Zustande selten ist, und wie schon ihr Wert andeutet, auch in der Jetztzeit nicht als Gesteinsbildner in Betracht kommt. Die grau oder weifs gefärbten Riffkorallen sind äufsere Skelette, in deren becherförmigen Höhlungen das Tier Schutz fand. Man unterscheidet Einzelkelche von meist

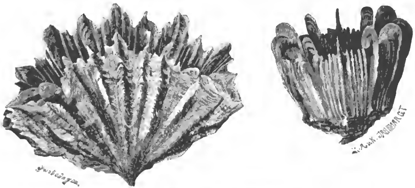


Fig. 1a. **Einzelkorallen aus tiefem Wasser.**
Links Flabellum, rechts Ceratotrochus. Nach Neumayr.

bedeutenderer Gröfse, welche für die Aufnahme eines Einzelwesens dienten, von den sehr mannigfach gestalteten Korallenstöcken, in denen zahlreiche meist kleinere Individuen mit einander verwachsen sind (Fig. 1a — Fig. 1b—e).

Nur unter bestimmten Wärmeverhältnissen (nicht unter 20° C. mittlerer Jahrestemperatur) und bis zu einer Tiefe von höchstens 40 Metern abwärts finden die Riffkorallen in reinem Meereswasser die für ihr Gedeihen notwendigen Bedingungen. Nur einzelne zweifellose Riffbildner gehen bis zu 80 Metern abwärts.[2]) Die wenigen Ausnahmen

[1]) Die Bildung der Korallenriffe in der Gegenwart wird hier nur so weit berührt, als es das Verständnis der geologisch älteren Riffe erfordert.

[2]) Auch in der Tiefsee finden sich Korallen, meist Einzelkorallen (Fig. 1a), seltener schwach verästelte Bäumchen von geringer Gröfse. Schon die unbedeutende Menge der abgesetzten Kalksubstanz macht die Entstehung mächtigerer

bestätigen die obigen Regeln; denn nur in drei Fällen wurden lebende Korallen noch in brakischem oder gar in süfsem Wasser[3]) angetroffen, und eben so selten ist das Vorkommen in schlammigen Meeresteilen. Eine einzige Art, die australische Astraea Bowerbanki, vermag der kombinierten Wirkung von sedimentreichem und brakischem Wasser zu widerstehen.

Die obere Grenze der lebenden Riffkorallen wird durch den Küstensaum der Gezeiten gebildet; nur ganz vereinzelte Arten vermögen durch Absonderung eines zähen Schleimes der Trockenheit einer längeren Ebbe zu widerstehen.

Während die sedimentbildende Thätigkeit der Foraminiferen und Schaltiere langsam von statten geht, vermögen die Korallen Bauten von hundert, ja tausend Meter Mächtigkeit in einer — geologisch gesprochen — kurzen Zeitspanne auszuführen. Diese in ihrer Wirkung gewaltige Summierung der im einzelnen geringfügigen Kalkausscheidungen wird erklärlich, wenn wir das rasche Wachstum der Korallen in Betracht ziehen: Ein im indischen Ocean aufgefischtes Stück Telegraphenkabel hatte sich im Laufe weniger Jahre mit einer zwei Fufs mächtigen Kalkschicht bedeckt. Exactere Messungen über die Zunahme von Korallen hat J. D. Dana in seinem bekannten Werke über Korallenriffe (p. 97) zusammengestellt. Danach beträgt das Wachstum bei den massigen mit dichtem (aporosem) Skelett versehenen Formen weniger als bei dem stark verästelten, aus maschigem (perforatem) Kalkgerüst bestehenden Madreporen.[4]).

Zwischen der gewaltigen Mächtigkeit der pazifischen, vom Grunde des Oceans aufstrebenden Korallenbauten und der geringen Tiefe, bis zu welcher Korallen leben können, scheint ein unlösbarer Widerspruch zu bestehen. Charles Darwin und James Dana haben dieser Schwierigkeit durch die Annahme eines langsamen Sinkens des Meeresbodens zu begegnen gesucht.

Ablagerungen unmöglich. Eine für die Entstehung kalkiger Sedimente in Betracht kommende Ablagerung von Korallen und anderen Tiefseetieren wurde bisher nur auf dem sogenannten Pourtalès-Plateau, einer aus gröfseren Meerestiefen bis zur Höhe von einigen Hundert Metern unter dem Wasserspiegel aufsteigenden Erhebung in der Nähe von Florida nachgewiesen.

[3]) Cylicia rubeola auf Neuseeland.

[4]) Bei aporosen Korallen wurde gemessen:

Maeandrina sp. 6 Zoll in 12 Jahren,
Oculina diffusa 4 „ „ 14 „
Maeandrina clivosa $^1/_6$ Zoll in 14 Jahren.

Bei Perforaten nahm zu: Madrepora sp. 3 Zoll in 1 Jahr, Madrepora cervicornis 3—5 Zoll in 3 Monaten.

In demselben Mafse, wie der Abstand zwischen Meeresboden und Meeresoberfläche sich durch Senkung des Bodens oder Ansteigen des Wasserstandes vergröfserte, wuchsen die Korallen empor. Der

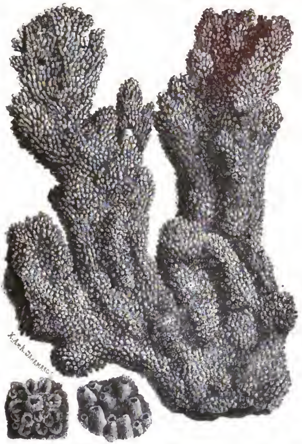


Fig. 1b. **Zusammengesetzte Riffkoralle** (Madrepora palmata).
Rechts der verzweigte Stock in natürlicher Gröfse. Links vergröfserte Kelche.
Aus Neumayrs Erdgeschichte.

Langsamkeit, mit der Niveauveränderungen der Erdrinde sich vollziehen, entsprach das Wachstum der organischen Kalkbauten. Wenn der Korallenbau die Oberfläche erreicht, wird durch die Brandung der

Kalksand zusammengehäuft und wächst schliefslich über den Meeresspiegel empor, wobei die rasche chemische Verfestigung der ursprünglich losen Masse Halt verleiht. Auch die Form der Saum-, Barrière- und der ringförmigen Riffe oder Atolls findet durch den von Ruhepausen unterbrochenen Senkungsvorgang seine Erklärung.

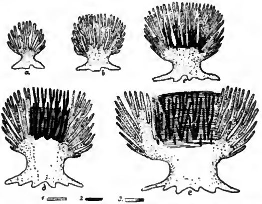


Fig. 1c. **Wachstumsformen einer emporwachsenden und später in der Mitte absterbenden Riffkoralle** (Stylophora).
1 Lebende Äste. 2 Abgestorbene Äste. 3 Kalksand.
Aus Walther, Korallenriffe der Sinaihalbinsel.



Fig. 1d. **Wachstumsform von Riffkorallen.**
Halbabgestorbener Poritesstock.
Ebendaher.

Unter einem Riff verstanden die alten Seefahrer eine Felsmasse die sich in einiger Entfernung vom Lande auf dem Boden des Meeres erhebt und durch die Wogen überspült wird. Mafsgebend ist also ein wesentlich topographischer Gesichtspunkt für die Unterscheidung von Riffen und Inseln. Vom geologischen Gesichtspunkt lassen sich Riffe, die aus älteren Gesteinen verschiedenster Zusammensetzung bestehen, von jungen vulkanischen Riffen und von Korallenriffen unterscheiden.

Ein Korallenriff ist eine allseitig freistehende, vom Meeresboden aufstrebende Kalkmasse, welche aus emporgewachsenen Korallenstöcken und dem zwischen den Ästen angesammelten Kalksand gebildet wird.[5])

Für das Wachstum des Riffes kommen in erster Linie die stark verästelten Korallen, vor allem die Madreporen (Fig. 1b), in Betracht, welche in ihren Zwischenräumen den durch die Brandung anfbereiteten Kalksand auffangen; die kompakten Stöcke sind mehr für die Verfestigung als für die Vergröfserung des Riffes von Bedeutung.

Ein fossiles, aus früheren Perioden stammendes Riff bildet in den Durchschnitten der Erdrinde linsen- oder brotleibförmige ungeschichtete Massen, die den geschichteten Gesteinen eingelagert sind. Die letzteren können entweder chemisch übereinstimmende Kalke (Fig. 12, 13) oder fremdartige Tuffe vulkanischen Ursprungs sein. (Vergl. Fig. 9.)



Fig. 1c. **Treppenförmiger Aufbau eines Madreporenriffes.**
Aus Walther, Korallenriffe der Sinaihalbinsel.

Ein unmittelbarer genetischer Zusammenhang besteht überall — in der Jetztwelt und in der Vorzeit — zwischen gewachsenen, ungeschichteten Riffen und geschichteten Kalken. Der durch die Brandung von dem Riffe abgespülte Kalksand wird nur zum kleinen Teil in der unmittelbaren Umgebung niedergeschlagen, zum gröfseren Teil jedoch durch die Meeresströmungen weiter geführt. Auf diese Weise hat sich in der Jetztwelt eine

[5]) J. Walther, Lithogenesis der Gegenwart, p. 900, 908, 909. Frech, aus den Karnischen Alpen, Zeitschr. d. Deutschen u. Österr. Alpenvereins 1890 p. 380.

Fläche von 7 Millionen Quadratkilometern mit geschichteten Absätzen koralligenen Ursprungs bedeckt, während der von den Riffen selbst eingenommene Raum um vieles geringer ist. Die geologischen Korallenbildungen — vorzugsweise die rheinischen und alpinen Kalke — zeigen häufig einen unregelmäfsigen Wechsel geschichteter und ungeschichteter Massen. Stellen wir uns vor, dafs in den Lagunen der Ringriffe, in den zwischen Saumriff und Festland gelegenen Meeresteilen sowie im offenenen Ozean in der Nachbarschaft der Riffe der Boden durch geschichtete Sedimente erhöht wird, und dafs in dem letzteren Falle häufig die Möglichkeit zur Entstehung neuer Kalkbauten gegeben ist, so erklären sich diese scheinbar verwickelten Verhältnisse in einfacher Weise. Besonders klar ist die innige Verknüpfung geschichteter und massiger Kalke aus den Fig. 12—14 zu ersehen.



Fig. 2. **Schematische Darstellung der Bildung eines Barrièreriffes um eine Insel.** Nach Neumayr.

(Beim Wasserstande I hat sich ein einfaches Saumriff gebildet; indem die Insel bis II sinkt, bildet sich ein Barrièreriff b¹, eine Lagune und ein inneres Saumriff f¹; bei weiterem Sinken bis III und IV bildet sich links ein einfaches, rechts ein doppeltes Barrièreriff. Würde das Wasser weiter steigen und die Spitze der Insel bedecken, so entstände ein Ringriff oder Atoll).

3.

Einwürfe gegen die Senkungstheorie Darwins.

Längere Zeit hat die Theorie Darwins eine fast unumschränkte Herrschaft behauptet, bis die Erweiterung der Kenntnisse einen Wechsel der Anschauungen herbeiführte. Man lernte vor allem in dem westindischen Archipel, dann aber auch auf den Philippinen, Andamanen, Palau und Solomons-Inseln Korallenbauten kennen, die unter anderen Bedingungen entstanden waren, als die in der Mitte des Stillen Ozeans liegenden Koralleninseln. Später suchte man die auf die westindischen Riffe begründeten und teilweise zutreffenden Theorien rückschliefsend auch auf die pacifischen zu übertragen.[6])

[6]) Die Darwin entgegenstehenden Anschauungen stützen sich auf Beobachtungen von Semper, Rein, Murray, Studer, Pourtalès, Al. Agassiz

Die neueren Forschungen bezeichnen einen Fortschritt, insofern sie zu der Anschauung führten, daſs das Phänomen der Riffbildung verwickelter sei als Darwin und Dana ursprünglich annahmen.

Meist baute jeder in einem neuen Korallenriffgebiet thätige Forscher sich seine eigene, mehr oder weniger geistreiche Hypothese auf und suchte dieselbe dann auf die Gesamtheit der Erscheinungen auszudehnen. Ja, ein Landsmann Darwins, Guppy, hat sogar auf einige, für ein beschränktes Gebiet in den Solomons-Inseln zutreffende Beobachtungen hin die Theorie Darwins umgekehrt und die Bildung der ringförmigen Riffe durch Hebung des Meeresbodens erklären zu können geglaubt.

Die groſse Mannigfaltigkeit der Erscheinungen beweist, daſs bei den verschiedenen Bewegungen der Erdrinde oder des Meeresspiegels ganz verschiedenartige Typen der Korallenbauten entstehen. Wenn der Gleichgewichtsstand von Festland und Meer ungestört bleibt, oder wenn das Land sich „hebt", wie im Roten Meer und in den centralamerikanischen Gebieten, dann entstehen dünne rindenförmige Überzüge von Korallenkalk; dieselben bedecken entweder weithin den Meeresgrund (Central-Amerika) und bilden eigentümliche, häufig pilzförmig gestaltete Bauten (Abrolhos, Brasilien), oder sie kleben in verschiedenen Horizonten als terrassenartige, wenige Meter mächtige Rinden auf dem Gestein an den gehobenen Küsten des Roten Meeres (Fig. 3a und b).

Auf diese Bildungen ist der Begriff der Barrière- oder Saumriffe oder Atolle schlechterdings nicht anwendbar, trotzdem die äuſsere Erscheinung zuweilen ähnlich ist. Den wichtigsten Unterschied bildet die geringe Dicke des Rindenriffs, das auf einer sich hebenden Küste nur ganz unbedeutende Mächtigkeit erreicht (Fig. 3). Auch bei stationärem Meeresstand ist das Dickenwachstum auf die Zone zwischen der unteren Lebensgrenze der Riffkorallen und der Meeresoberfläche, also auf ca. 40 Meter beschränkt. Wenn der Meeresgrund sich durch Sedimentbildung erhöht (s. o.), so stellt nur der oberste Teil der Kalkmasse ein Riff dar.

Für die gewaltigen Bauten der Inselflur des Stillen Ozeans haben Murray und Guppy — zurückgreifend auf ältere

und Guppy. Die verschiedenen „Theorien über die Entstehung der Koralleninseln und Korallenriffe" sind von R. Langenbeck in einem kleinen Buche (Leipzig, Engelmann) geschickt zusammengestellt; einer von mir in einer Fachschrift veröffentlichten Besprechung ist das Folgende zum Teil entnommen.

Ideen Chamissos — angenommen, dafs die Atolle oder Ringriffe auf unterseeischen Bergspitzen, vor allem auf vulkanischen Pics, gewissermafsen aufgeklebt seien.

Diese submarinen Höhen sollen durch die aus den oberen Regionen des Meeres stammenden Kalkschalen so lange erhöht werden, bis sie schliefslich in die für Riffkorallen geeignsten Meereszonen hineinwachsen. Die letztere Annahme soll durch die Beobachtung weiter gestützt werden, dafs Riffkorallen auch unter 40 Metern Tiefe gelegentlich vorkommen. Jedoch ist die Möglichkeit für eine kräftige Entwickelung nur in den oberen Regionen des Wassers gegeben. Ein von Guppy auf dem gehobenen Atoll Santa Anna (Salomons-Inseln) beschriebenes Profil zeigt nun allerdings im Sinne der obigen Annahme 1. vulkanisches Gestein, 2. einen Mantel von dem durch Foraminiferen gebildeten kreidigen Schlamm und darüber 3. Korallenkalk. Doch berechtigt ein solches bisher vereinzelt gebliebenes Beispiel noch nicht zu der Annahme, dafs alle Atolls in Hebungsgebieten entstanden sind. Dagegen spricht vor allem die Thatsache, dafs in zahlreichen Gruppen des Pacific keine einzige Insel zu gröfserer Höhe als um die wenigen Meter emporgehoben ist, welche der Bewegung des Trümmermaterials durch die Brandung entsprechen. Es wäre sehr merkwürdig, wenn die Hebung immer genau in dem Augenblick aufhörte, wo der Korallenbau die Meeresoberfläche berührt.

Die Anschauung Murrays, welcher einen stationären Zustand des Meeresspiegels annimmt, läfst vor allem das Vorhandensein der tiefen Lagunen inmitten der Ringriffe ebenso unerklärt, wie das Vorhandensein mächtiger ungeschichteter Korallenbauten der Vorzeit. Das allmähliche Fortwachsen der Korallen auf sinkendem Meeresboden ist thatsächlich die einzige einleuchtende Deutung für die Entstehung der Hunderte von Metern messenden Riffbildungen.

Eine grofse Rolle hat stets die Annahme submariner Vulkane gespielt, wie auch thatsächlich auf einigen Koralleninseln thätige Feuerberge auftreten. Aber die Hypothese, dafs unter jedem Korallenriff ein erloschener Vulkan verborgen sei, ist wegen der grofsen Menge der ersteren unwahrscheinlich und mit den thatsächlichen Vorgängen bei submarinen Ausbrüchen nicht in Einklang zu bringen; eine Eruption auf dem Meeresboden liefert die zu festem Fels erstarrende Lava nur in untergeordneter Menge, lose Auswürflinge hingegen in solchen Massen, dafs neugebaute Inseln fast stets der baldigen Zerstörung durch die Meereswogen unterliegen. Ferdinandea, die 1837 südlich von

Sicilien entstandene Vulkaninsel, und die Vorgänge bei dem Krakataua-Ausbruch bilden die bekanntesten Beispiele.[1])

Die ostasiatischen Festoninseln mit ihren aufgesetzten Vulkanen (z. B. die Kurilen und Liu-Kiu-Inseln) fallen nicht unter den Begriff der reinen Vulkane, da sie die Überreste versunkener Faltungsgebirge darstellen. Dafs aber auf den Bergspitzen eines untergetauchten Hochgebirges keine Korallenbauten entstehen können, ist selbst-

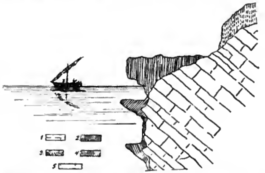


Fig. 3a. **Profil durch die Riffe des Râs Muhâmmed.**
1 Nubischer Sandstein. 2 Lebendes Riff. 3 Abgestorbenes Saumriff.
4 Jüngeres, 5 älteres fossiles (gehebenes) Riff.
Aus Walther, Korallenriffe der Sinaihalbinsel.

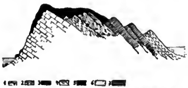


Fig. 3b. **Rindenriff (5) des Gebel Hammâm Musâ**
auf verschiedenen geschichteten Kalken (1 Meer. 6 Wüstensand).
Ebendaher.

verständlich: Die Formen der Ketten-Gebirge, insbesondere die Gipfelbildungen, sind das Werk der subaërischen Zersetzung und Verwitterung; bei dem Untertauchen unter das Meer würde die

[1]) Wäre die Annahme Murrays richtig, so müfsten auch in den Schichten der Erdrinde Riff- und vulkanische Bildungen stets oder doch fast stets vereinigt sein. Doch ist dies nur in einigen wenigen Gebieten der Fall: Sämtliche Riffbildungen des Silur, des linksrheinischen und alpinen Devon, die der nordalpinen sowie der gesamten obersten Trias, endlich die Riffe des Jura und der Kreide sind in nichtvulcanischen Gebieten zum Absatz gelangt.

Brandung dieee Charakterformen der Landoberfläche grofsenteils abschleifen oder gänzlicb vernichteu.

Selhst wenn aleo auf einzelnen Inselgruppen des Stillen Ozeans gebohene Korallenriffe zur Beobachtung gelangen, kann ee sich nur um vereinzelte, das allgemeine Senkungslokal unterhrechende Nebenerscbeinungen handeln. Koralleninseln, die sich Tausende von Metern über dem Meeresboden erbeben und vor allem von den nächsthenachbarten Eilanden derselben Gruppe durcb entsprecbende Tiefen[8]) getrennt eind, können nur auf sinkendem Meeresgrunde entstanden sein.

4.

Die Riffe früberer Erdperioden.

Dae Vorbandensein klimatiscber Zonen ist erst von der Mitte unserer geologisehen Zeitrechnung an wahrscbeinlich. Zu den ältesten geologieehen Zeiten herrschte ein gleichmäfsiges Klima auf der Erdoberfläche und aucb in den epäteren Abechnitten der Erdentwickelung eind zunächet die Gegensätze von polaren, gemäfeigten und tropiscben Zonen weniger ausgeprägt gewesen ale in der Jetztzeit. Die Floren des Festlandee zeigten ebeneo wie die marinen Tiergruppen eine gleichförmigere Verbreitung als ihre lebenden Nacbkommen. Foseile Riffkorallen finden sich nicbt nur in gemäfeigten Gegenden —, z. B. in den Alpen, der Eifel und auf Gotland —, sie wurden sogar innerhalh dee Polarkreises in karbonischen Schichten auf Nowaja Semlja nachgewiesen.

Auf die allgemeine Verbreitung der Landfloren allein oder der Meereefaunen allein würde ein weitgehender Schlufs auf Gleichmäfsigkeit klimatiscber Verbältnisse nicbt hegründet werden können. Aher die gleicbartige Beschaffenheit der beiden verschiedenartigen Gruppen echliefet jeden Zweifel aus.

Die Beohacbtung der scbichtungslosen, 100, ja üher 1000 m mächtigen Riffe der Vorwelt heseitigt auch die letzten Zweifel üher die korallige Natur der zu gleicher Höbe über den Meereshoden empor-

[8]) Zwischen den einzelnen Inseln der Bahama-Gruppe finden sich nach den Berechnungen von Diedrich die folgenden Tiefen:

Great Abaco — Nassau 3242 m, 4064 m;
Great Abaco — Great Bahama 1585 m;
Eleuthera — Exuma 1580 m;
Eleuthera — Cat 1714 m;
Cat — San Salvador 4540 m;
Cat — Conception 1545 m;
Conception — Exuma 2138 m.

ragenden Koralleninseln der Gegenwart. Ein tiefes Bohrloch ist auf einer Koralleninsel noch nicht gestofsen worden, und so bliebe immer noch eine entfernte Möglichkeit, dafs nur ein Mantel von Korallenkalk (wie auf Fig. 3) einen fremdartigen Kern umhüllte. Aber angesichts der horizontalen und vertikalen Ausdehnung der geologischen Riffe schwinden diese Bedenken.

Allerdings könnte man für die Riffe der Trias- oder Devon-Periode (s. u.) den Einwand erheben, die damaligen Korallen seien nicht, wie ihre heutigen Verwandten, an die oberen 40 m des Meeres gebunden gewesen, und die alten Riffe seien aus grofser Meerestiefe bis an die Oberfläche emporgewachsen.

Jedoch läfst sich aus der Art des Vorkommens, sowie aus den Wachstumsformen fossiler Korallen eine Übereinstimmung der Lebensweise mit den Bewohnern der heutigen Meere nachweisen. Die Riffe der Jetztwelt sind durch die Häufigkeit von abgerollten Korallenbruchstücken gekennzeichnet, welche zusammen mit dem feineren Kalksand von den Wogen innerhalb der Rifflücken zusammengetragen werden. Gerundete Rollsteine, die in den alten Riffen ebenso häufig vorkommen wie in der Jetztwelt, können nur durch die Thätigkeit der Brandungswelle gebildet werden. Ein weiterer Transport derselben vermittelst der Strömungen des Meeres ist ausgeschlossen.

Man wird also aus dem Vorhandensein von zahlreichen abgerundeten Korallenbruchstücken in älteren Bildungen stets die Nähe einer Brandung und somit auch die Beschränkung der Tiere auf die oberen Meeresschichten folgern können.

Die gleiche Folgerung ergiebt sich aus den Formen des Wachstums der verschiedenartigen Korallenstöcke. Dasselbe wird bedingt einerseits durch das Bestreben, eine möglichst grofse Fläche zum Zwecke der Nahrungsaufnahme zu entwickeln, andererseits durch die Notwendigkeit, dem Anprall der Wogen Widerstand zu leisten. Je nach der Stelle, welche die Korallenkolonien auf dem Riffe einnehmen, entwickeln sich in den heutigen Riffen inkrustierende Rinden, Blätter, unregelmäfsige Knollen, Pilze, Dome, Becher, mehr oder weniger zierlich verzweigte Bäumchen, Rasen aus parallelen Sprossen und endlich vorspringende Konsolen. (Vergl. oben Fig. 1b—e).

Es ist nun höchst bemerkenswert, dafs die Riffbildner der palaeozoischen Ära und der jüngeren Perioden, welche zu ganz verschiedenen zoologischen Gruppen gehören, bei aller Abweichung des zoologischen Baues eine aufserordentliche Ähnlichkeit in der äufseren Form besitzen. Man wird zur Erklärung dieser Thatsache das Vorhanden-

sein gleichartiger mechanischer Einflüsse anzunehmen haben. Die alten Riffkorallen können somit nicht in den der Meeresbewegung entrückten Regionen der Tiefsee zu Hause gewesen sein, sondern waren ebenfalls der Brandungswirkung ausgesetzt.

Eine chronologische Übersicht der Verteilung der Riffkorallen und ihrer Bauten über die verschiedenen Abschnitte der Erdgeschichte wird in der folgenden Tabelle gegeben. Dieselbe enthält zugleich eine vollständige Aufzählung der einzelnen geologischen Perioden, deren durch verschiedene Tier- und Pflanzenreste (Leitfossilien) gekennzeichnete Ablagerungen je einer Formation der Erdrinde entsprechen.

Geologische Übersicht des Vorkommens der Korallenriffe und Korallen in Europa.

		Riffbildende Korallen	Kalkalgen (verschied. Gruppen)	Riffe
Jetztzeit und Pleistocaen				
Tertiär	jüngeres			
	älteres			
Kreide	obere			? i. d. Alpen
	untere	?		
Jura	oberer			+++
	mittlerer	?	?	
	unterer			++ nur in d. Alpen
Trias	obere {Bajuvarische Abt.	Hydrozoen	++	+++
	obere {Tirolische Abt.		+++	++++
	mittlere	Hexakorallier	++	++
	untere	?	?	
Dyas			+	+ (Bryozoenriffe)
Carbon	oberes		?	
	unteres			++
Devon	oberes		?	++
	mittleres			+++
	unteres			++
Silur	oberes	Stromatop	+	+
	unteres	Pterokor. Tabulat.	++	+
Cambrium		+ (Archaeocyathinen)		

Korallen, denen die Fähigkeit des Aufbaues mächtig eingeschichteter Kalkablagerungen zugeschrieben werden kann, sind seit der cambrischen Zeit in jeder Formation bekannt; echte Riffe kennt man jedoch erst seit der silurischen Periode. In der Tabelle sind drei Abstufungen für die bisher beobachtete Mächtigkeit von Riffen + für 1 bis 10 m, + + für 10 bis 150 m und + + + für mehr als 150 m zur Anwendung gebracht; die vier Kreuze sollen das Maximum der europäischen Riffentwickelung in der Tirolischen Abteilung der oberen Trias bezeichnen. Eine Übersicht der Riffentwickelung auf der Erde ist angesichts der geringen Ausdehnung geologischer Forschungen unmöglich. Genauer bekannt sind bisher nur Europa (ausschliefslich des Rumpfes der Balkanhalbinsel) sowie Nordamerika (mit Ausschlufs von Mexiko, des Nordens und einiger Teile der Rocky Mountains). In Asien, Afrika und Australien beschränkt sich die genauere Kenntnis auf die seit längerer Zeit von europäischen Nationen besetzten Kolonien wie Ostindien, das Kapland, Algerien, N.-S.-Wales und Victoria.

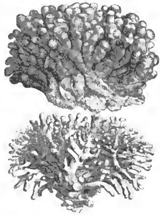


Fig. 4 a. **Zwei lebende Formen von Lithothamnium aus dem Meere von Mauritius.**
Aus Zittel-Schimper, Palaeophytologie.

Abgesehen von den halb oder gar nicht bekannten Ländern, sind die ausgedehnten Ablagerungen, welche im Gebiete des arktischen, des atlantischen und indischen Ozeans gebildet wurden, unserer Untersuchung entrückt. Im Bereiche dieser drei Weltmeere haben bedeutende Veränderungen von Festland und Meer seit Beginn der geologischen Zeitrechnung stattgefunden, und gewaltige Mengen von älteren Meeressedimenten liegen somit auf dem Grunde der heutigen Ozeane begraben.

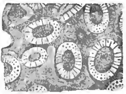
Der pacifische Ozean ist im Gegensatz zu den anderen Weltmeeren nicht nur das gröfste und tiefste, sondern auch das älteste Meeresbecken.

Die Untersuchung geologischer Gebilde, die nach ihren äufseren Formen als Riffe zu betrachten sind, liefert häufig das unerwartete Ergebnis der vollständigen oder fast vollständigen Zerstörung organischer Struktur. Man hat jedoch mit Unrecht hieraus einen

Grund gegen den organischen Ursprung derartiger Bildungen abgeleitet. Auch in den Riffen der heutigen Meere wird die Struktur der Korallen meist in kürzester Zeit zerstört. Ganz abgesehen davon, dafs in den meisten Riffen nur ein Drittel der Masse aus gewachsenen Korallenstöcken, zwei Drittel aus mehr oder weniger fein zermahlenem Kalksande besteht, erfolgt auch bei den ersteren die chemische Umsetzung innerhalb kurzer Zeiträume.

In der Umgebung von Riffen geht die Zerstörung und Verwesung organischer Materie ebenso rasch von statten wie die Neubildung. Es scheint, dafs die bei der Zersetzung des Eiweifses frei werdenden organischen und schwefligen Säuren in sehr energischer

Fig. 4b.



4 c. 4 e. 4 d. 4 f.

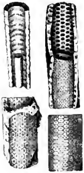


Fig. 4b—f. **Triadische Kalkalgen** (Diploporen) aus den Riffen der südlichen Kalkalpen.
Fig. 4a. Angeschliffenes Stück mit Querschnitten aus Südtirol $^{2}/_{1}$. Fig. 4c. Isolirte Röhre von innen $^{1}/_{1}$. Fig. 4d. e. Desgl. mit teilweise entfernter Röhre. Fig. 4f. Innerer Cylinder. Fig. 4c—f. Aus den lombardischen Alpen.
Aus Zittel-Schimper. Palaeophytologie.

Weise auf den in leicht löslicher Form vorhandenen Kalkspath der Korallen- und Muschelbruchstücke einwirken. Der aus dem bewegten Wasser ausgefällte Kalk setzt die anorganisch gebildete Riffmasse zum guten Teile zusammen.

Auch die Dolomitbildung — die Entstehung eines aus kohlensaurem Kalk und kohlensaurem Magnesia gemischten Gesteins wurde in den heutigen Korallenriffen (Matea, Rotes Meer) beobachtet. Die weite Verbreitung des Dolomites im Devon und in der Trias verliert also viel von dem Rätselhaften, das die Bildung desselben bis vor kurzem umkleidete — wenngleich wir noch weit von der Kenntnis der Einzelheiten des chemischen Vorganges entfernt sind.

Neben den kalkbildenden Tieren haben kalkabsondernde Algen in der Gegenwart, noch mehr aber in der Vergangenheit der Erde eine bedeutende Rolle gespielt. Dieeelben bewohnen auf den heutigen Korallenriffen bestimmte Lebensbezirke, gehen aber weiter nach Norden als die tierischen Kalkbildner. An den italienischen Küeten finden sich Kalkalgen (Lithothamnium und Lithophyllum) in grofsen Mengen, ohne jedoch eigentliche Riffe zu bilden. Sogar in den arktischen Meeren kommt die Gattung Lithothamnium (L. glaciale) noch vor.

In den Kalkriffen der älteren Meere unterlagen die meist fein verzweigten Kalkalgen viel rascher der chemischen Umwandlung; man ist daher erst spät auf die aufserordentlich wichtige, die der Korallen zum Teil überragende Rolle aufmerksam geworden, welche diese Pflanzen in Silur-, in den Trias- und in manchen Tertiärablagerungen spielen. Einige der häufigsten Formen sind in Fig. 4 zusammengestellt.

5.

Die Riffe der palaeozoischen Ära.

Schon in der ältesten versteinerungsführenden Formation, im Cambrium, haben kalkabsondernde, zu der grofsen Gruppe der Anthozoen gehörende Wesen gelebt. Die eigenartige, rasch erlöschende Gruppe der sogenannten Archaeocythinen findet sich vornehmlich in geschichteten Kalken und Marmoren auf Sardinien, in Spanien, in Nordamerika und Nordschottland. Die Kalke spielen in dieser alten Formation, entsprechend der sporadischen Entwickelung des Lebens, nur eine untergeordnete Rolle, und echte Riffbildungen fehlen gänzlich.

Im Silur nehmen die zu neuen Gruppen[9]) gehörenden Korallen an Zahl und Mannigfaltigkeit bei weitem zu, und gleichzeitig wächst die Mächtigkeit und Verbreitung organogener Kalke. Doch sind echte Riffbildungen nur vereinzelt und in geringer Mächtigkeit bekannt geworden. Eine Kalkbildung in der schwedischen Provinz Dalekarlien, der sogenannte Leptaenakalk, zeigt ein lokales, unregelmäfsiges Anschwellen und wird mit Recht als Riffbildung gedeutet. Neben den Korallen sind in diesen Kalken neuerdings Algen (Vermiporella u. a.) in grofser Menge nachgewiesen worden, und diese letzteren dürften somit eine bedeutende Rolle bei der Riffbildung gespielt haben.

[9]) Pterokorallier, Tabulaten, Stromatoporiden.

Während der Leptaenakalk der oberen Grenze der untersilurischen Abteilung angehört, sind aus dem Obersilur der Insel Gotland echte Korallenriffe bekannt geworden. Dieselben stofsen gegen mergelige Schichten oder gegen Crinoidenkalke (Hohburg) ab und bilden knollige Massen von einigen Metern Mächtigkeit.

Geschichtete Korallenkalke besitzen in England und Nordamerika gröfsere Verbreitung; z. B. ist der Niagara-Kalk, dessen Widerstandsfähigkeit gegen zersetzende Einflüsse die Ausbildung einer hohen Stufe im Strombett und somit die Entstehung der weltberühmten Fälle verursacht, eine geschichtete Korallenbildung der obersilurischen Zeit. Ebenso bestehen die Kalke von Wenlock in England, von Skien in Norwegen und Beraun in Böhmen im wesentlichen aus schichtenförmig angeordneten Korallenstöcken.

Gröfsere Bedeutung besitzt die Entwickelung der zoologisch mit der Obersilur-Fauna nahe verwandten Riffkorallen in der devo-



Fig. 5. Der Leptaenakalk in den silurischen Schichten von Dalekarlien. (Die weifse, meist wenig mächtige Kalklage schwillt local kuppelförmig an und bildet ein Riff.) Nach Nathorst.

nischen Formation. Die Riffbildungen des Unterdevon finden sich noch vereinzelt in den Karnischen Alpen und bei Konieprus westlich von Prag. Die Hauptentwickelung der mehrere Hundert Meter mächtigen, in Europa weit verbreiteten Riffe fällt jedoch in das Mitteldevon. Die absolut mächtigste Masse findet sich wiederum in den Karnischen Alpen an dem Wolayer Thörl, wo die Riffentwickelung fast durch die ganze Mächtigkeit der Formation hindurchreicht und ein vorwiegend ungeschichtetes Kalkgebäude von 800—1000 m aufgeführt hat. (Fig. 6a.)

Die Tierwelt, welche diese alten Devon-Riffe belebte, ist an einigen Fundpunkten in aufserordentlicher Mannigfaltigkeit und vortrefflicher Erhaltung zu beobachten. Ein Ausflug von dem südlich Mauthen gelegenen Plöckenwirtshaus führt den Wanderer durch das geologisch und landschaftlich anziehende Valentinthal (Fig. 6a) an den Fufs der Kellerwand (Fig. 6b) und hinauf zu dem Wolayer Thörl. Hier findet man auf und neben dem Lawinenschnee, über den der Weg zum Wolayer-See (Fig. 7) hinabsteigt, eine Menge von Kalkstöcken, zusammengesetzt aus den Resten fremdartiger Wesen, die vor

Millionen von Jahren hier gelebt haben. Der innere Bau der Korallenstöcke, die einen Durchmesser von mehreren Metern erreichen, ist im allgemeinen vortrefflich erhalten; man überzeugt sich jedoch leicht, dafs ebenso wie in den heutigen Riffen, nur das Gerüst des Bauwerkes aus den Korallenstöcken besteht, während die viel umfangreicheren Lücken durch den von der Brandung zerkleinerten und zerriebenen Korallensand ausgefüllt werden. An anderen Stellen der Karnischen Hauptkette, z. B. am Hochweisstein (Paralba), sind innerhalb der alten devonischen Riffe nur undeutliche Spuren von Korallen wahrnehmbar — ein Umstand, der keineswegs in Erstaunen setzen darf. Wenn schon in den heutigen Riffen die organische Struktur meist bis auf Spuren vernichtet wird, so mufs dies in alten Riffen, wo die fortdauernd in der Erdrinde thätigen chemischen Umsetzungen und die Wirkung des Gebirgsdruckes hinzukommt, in erhöhtem Mafse der Fall sein.

Das Verschwinden der organischen Strukturen stellt somit den von vornherein wahrscheinlicheren Fall dar, während die vortreffliche Erhaltung vieler älterer Tierreste Staunen erregen mufs.

Auch die übrige das Wolayer Riff bevölkernde Tierwelt, die Schaltiere, Seelilien (Crinoiden) und krebsartige Wesen (Trilobiten), sind in solcher Mannigfaltigkeit und Schönheit zu finden, dafs der Sammler aus der eisigen Region der Hochalpen an den Brandungsstrand eines tropischen Meeres versetzt zu sein glaubt. Ein Block besteht fast ganz aus grofsen, reich verzierten Schnecken von abenteuerlich gestalteter Form, die auf dem Riffe die Korallentiere abweideten und durch ihre kräftige Schale gegen die brandenden Wogen geschützt waren. Die mit ihrem Stiele festgewachsenen Seelilien vertraten die Stelle der Seeigel, welche heut die der Brandung weniger ausgesetzte Zone des Riffes bevölkern; doch zeigte der kräftige Bau der Crinoiden, dafs sie mindestens noch in bewegtem Wasser zu Hause waren.

Ein Stillleben in den geschützten Lücken des Riffes führten die Muscheln (Brachiopoden und die selteneren Zweischaler), deren nufsartig geformte, z. T. reich verzierte Schälchen an einzelnen Punkten in grofser Zahl und Mannigfaltigkeit vorkommen. Dafs andererseits die dem lebenden Nautilus ähnlichen Hochseetiere der Devonischen Meere nur selten auf ein Riff verschlagen wurden, kann nicht Wunder nehmen.

Einige Fundpunkte, deren Erreichung auch dem Bergsteiger Interesse gewährt, liegen auf dem wild gezackten Kalkgrate zwischen Kollinkofel und Kellerwand (Fig. 6b). Die hier von mir gesammelten Muscheln und Korallen gehören der oberen Abteilung des Devon



Fig. 6a. **Die Südwände des oberen Valentinthales, Karnische Alpen.** Massiger devonischer Riffkalk, im unteren Teile geschichtet.
(Aus Frech, die Karnischen Alpen.)

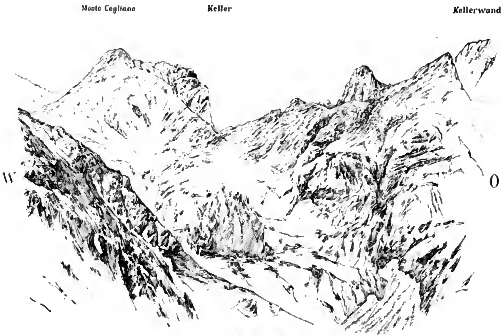


Fig. 6b. **Der Südabfall der Kellerwand.**
Karrenfelder des devonischen Riffkalkes zwischen 2300 und 2800 m (weiter östlich der Kollinkofel).
(Aus Frech, die Karnischen Alpen.)

an und sind daher zoologisch von den Versteinerungen des Wolayer Thörls verschieden. Sie erscheinen unter gleichen geologischen Verhältnissen vor allem in dem Riffkalke auf der Spitze des Kollinkofels.

Dieselben Brachiopoden (Stringocephalen) und Schnecken (Macrocheiloe), welche hier durch gebirgsbildende Kräfte bis zu Höhen von 2800 m emporgehoben wurden, finden sich im Massenkalke Westfalens und bei Paffrath unweit Köln in gleichzeitig entstandenen Korallenriffen (oberes Mitteldevon; Fig. 8.). Die Dolomitbildungen der

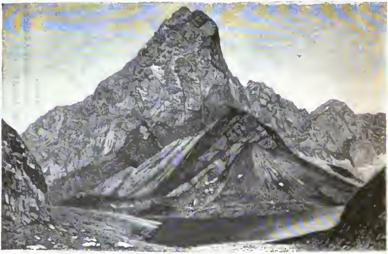


Fig. 7. Seekopf und Wolayer See in den Karnischen Alpen.
Älterer devonischer Riffkalk, unterlagert von geschichtetem Silur.
(Aus Frech, die Karnischen Alpen, Taf. XV.)

Eifel (Gerolstein, Prüm), die Korallenkalke von Belgien (Givet), der Lahnmulde (Villmar), von Süd-Devonshire (Torquay), von Elbingerode im Harz, vom Osternigg bei Villach in Kärnten, alle gehören derselben Epoche an, welche für das westliche Europa den Höhepunkt der Riffentwicklung bedeutet.

Die ungeschichteten Kalkmassen, die zur Oberdevonzeit gebildet wurden, sind nur als die Ausläufer der mitteldevonischen Entwickelung anzusehen. Die Verbreitung ist ungefähr die gleiche; doch liegen an jedem Fundorte nur vereinzelte, vielfach von vulkanischen Tuffen (Haiger bei Dillenburg und Lahngebiet) umgebene Kalkmassen, deren

Mächtigkeit selten mehr als 100—150 m beträgt. Die bekanntesten Riffe sind der Iberg bei Grund und der Kalk bei Rübeland [10]) im Harz, sowie die schönen, schwärzlich oder rötlich (Marbre Florence) gefärbten „Marmore" aus Belgien, welche vielfach industrielle Verarbeitung finden. Ganz vereinzelte Riffe liegen in Russisch-Polen (Kielce), in den Karawanken bei Villach, im südlichen Devonshire und in Asturien (Candas).

Die Steinkohlenformation, welche in den geologisch wohl durchforschten Gebieten durch ihren Reichtum an mineralischen Brennstoffen ausgezeichnet ist, entspricht in dem gröfsten Teile der Nord-



Fig. 8. **Ein Stück mitteldevonischen Korallenkalkes** ¹/₃.
Die knollenförmigen Umrisse der Korallen (Stromatoporiden) und die eingewachsenen Brachiopoden (Uncites oben, Stringocephalus rechts unten) treten deutlich hervor.
Nach einem Handstück des Breslauer Museums photographirt von Dr. Scupin.

hemisphäre der Ausbreitung von kontinentalen, für die Bildung einer Wald- und Sumpfvegetation günstigen Flächen. Die Korallenriffe, welche zu ihrer Entstehung ein schlammfreies Meer beanspruchen, sind in der unteren flötzarmen Abteilung schwach entwickelt und fehlen in der oberen produktiven Abteilung gänzlich. In Belgien kommen typische Kohlenkalk-Riffe unmittelbar über den devonischen Korallenkalken von Givet vor; in England (Clitheroe westl. Yorkshire)

[10]) Wo die bekannten Höhenbildungen der Baumanns- und Herrmannshöhle den an Korallen reichen Kalk durchsetzen.

sind zwergenhafte sogenannte „Knoll reefs“ beobachtet worden, welche dem domförmigen Anschwellen eines Kalkhorizontes entsprechen. Das Riff reicht — ähnlich wie es Fig. 5 zeigt — in den nächsthöheren stratigraphischen Horizont hinein und wird an seiner Basis von Rollsteinen umgeben.

Die Dyasperiode ist in der Nordhemisphäre durch Bildung ausgedehnter Binnenmeere, in der südlichen Halbkugel durch den Eintritt einer Eiszeit gekennzeichnet. Von Korallen sind daher nur wenige Arten und Gattungen bekannt; riffartige Gebilde fehlen fast gänzlich; nur in dem mitteldeutschen Binnenmeer werden durch die baum- und fächerartigen Hartgebilde der Bryozoen, einer im äufseren Wuchs den Korallen, im inneren Bau den Brachiopoden nahestehenden Tiergruppe riffartige Dolomite von verhältnismäfsig geringer Mächtigkeit aufgebaut. (Pössneck in Thüringen.)

(Schlufs folgt.)

Der Planet Saturn.

Von G. Witt in Berlin, Astronom an der Urania.

(Schlufs.)

Bezüglich dieses innersten Ringes C liefse sich beinahe wörtlich wiederholen, was vordem von A und B gesagt ist, dafs nämlich zu öftern angeblich feine Teilungen darauf gesehen wurden, wie denn manche auch eine deutliche Trennung zwischen B und C angenommen haben. Eine solche ist aber sicher nicht vorhanden, und auch die Natur der von Terby bemerkten fleckenartigen Schattierungen (Fig. 22) bleibt in ein mystisches Dunkel gehüllt. Man kann nur sagen, dafs uns das Ringsystem Saturns in seinem komplizierten Aufbau und mit seinen rätselhaften Erscheinungen ein Bild der Unbeständigkeit und des Wechsels darbietet, nicht aber zugleich, wie man früher glauben mochte, dasjenige der Unfertigkeit, denn wir werden Gelegenheit haben, uns von dem Gegenteil zu überzeugen.

In Bezug auf Masse und Dicke des Ringes weichen die vorhandenen Angaben so sehr von einander ab, dafs es kaum interessieren kann, hiervon mehr, als bereits geschehen, mitzuteilen. Für die sonst in Betracht kommenden Dimensionen sind nach Barnards letzten Messungen die nahe zuverlässigen Zahlen, deren Verständnis durch Fig. 23 erleichtert wird, die folgenden:

AF	äufserer Halbmesser des äufseren Ringes	20.″12	138 400 km
BF	innerer „ „ „	17.43	119 800 „
CF	äufserer „ „ inneren „	16.87	116 000 „
DF	innerer „ „ „ „	12.76	87 700 „
EF	Halbmesser des Saturnäquators	8.87	61 000 „
AB	Breite des äufseren Ringes	2.69	18 600 „
CD	„ „ inneren „	4.11	28 300 „
BC	„ der Hauptteilung	0.56	3 800 „
AD	„ „ beiden hellen Ringe	7.36	50 700 „
DE	Entfernung der inneren hellen Ringgrenze vom Scheibenrande	3.89	26 700 „
Polarhalbmesser Saturns		8.15	56 100 „

In Kürze wollen wir uns nun den Anblick zu vergegenwärtigen

suchen, welchen ein Beobachter auf Saturn von den Ringen haben würde. Da ihre Ebene mit derjenigen des Äquators zusammenfällt, so müssen sie von jedem Punkte desselben als ziemlich schmales lichtes Band, das im Osten und Westen auf dem Horizont aufsitzt und durch den Scheitelpunkt hindurchgeht, gesehen werden. In höheren Breiten wird allmählich mehr und mehr von der Fläche der Ringe selbst zum Vorschein kommen, nur unterbrochen an jenen Stellen, welche im Schatten des Planeten sich befinden, also derzeit eine Sonnenfinsternis erleben. In dem Maſse aber, wie die sichtbare Fläche sich vergröſsert, neigen sich die Ringe tiefer zum Horizont, und schlieſslich in Breiten von etwa 63 Grad findet ihre Sichtbarkeit eine Grenze.

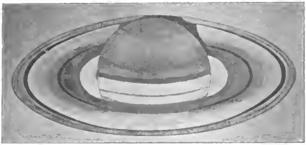


Fig. 22. **Saturn nach F. Terby im Februar 1887.**

Diese Phänomene zeigen sich auf der nördlichen Halbkugel natürlich nur, wenn die Sonne nördlich von der mittleren Ringebene ihren Stand hat, und das Umgekehrte gilt für die südliche Hemisphäre. Ein halbes Saturnjahr oder 14 Erdenjahre später, wo jeweils die abgewandte Seite beleuchtet ist, verrät des Nachts nichts ihre Existenz, als ein mehr oder minder breiter Gürtel am Himmel, der entweder völlig sternenleer ist, oder in dessen Bereich nur wenige ganz helle Sterne in matterem Schimmer sich zeigen. Aber noch eine andere Merkwürdigkeit ist hier der Erwähnung wert. Auch die im Schatten des Ringes befindlichen Regionen der Saturnoberfläche genieſsen das Schauspiel einer Sonnenfinsternis, und an den günstigsten Punkten hat dieses Phänomen eine Dauer von vollen 14 Erdjahren, wiewohl es wegen der physischen Beschaffenheit der Ringe kaum mit einer Sonneneclipse auf der Erde verglichen werden darf.

Die Thatsache, daſs der Florring in gewissem Grade lichtdurchlässig ist, legt uns die Frage nahe, ob nicht vielleicht etwas Ähnliches

auch für die beiden hellen Ringe des Systems Geltung haben könnte, denn zweifellos liegt darin schon ein wertvoller Fingerzeig für die Erkenntnis der eigentlichen Natur der Ringe. An sich bereitet es nämlich grofse Schwierigkeiten, sich ein solches Gebäude aus freischwebenden Ringen vorzustellen, und doch mufs es als eine der interessantesten Aufgaben erscheinen, hierüber zu klaren Anschauungen zu kommen. Laplace hatte theoretisch gefunden, dafs ein derartiges materielles System, um den Bedingungen des Gleichgewichtes zu genügen, aus einer grofsen Zahl von einzelnen Ringen sich zusammensetzen müsse, die nicht genau in der nämlichen Ebene liegen und um den Planeten rotieren. Damit aber dieses Gleichgewicht auch ein stabiles sei, müssen sie überdies unregelmäfsig und unsymmetrisch gestaltet sein, anderenfalls würde die winzigste, von aufsen kommende Ursache, ein niederstürzendes Meteor oder die Anziehung eines Mondes, genügen, um das gigantische und doch so luftige Gebäude zu zertrümmern und zu bewirken, dafs seine einzelnen Teile auf Saturn stürzen.



Fig. 23.

Von anderer Seite wurde die Möglichkeit einer gasigen Konstitution erwogen, obschon gerade diese Annahme sich denkbar schwierig unserem Vorstellungsvermögen anpassen läfst, und auch die keineswegs verschwindende Masse der Ringe ihr entgegensteht. Nicht minder unzureichend fielen die Erklärungsversuche aus, bei welchen man sie sich flüssig dachte und annahm, dafs sie, unter Erleidung dauernder Veränderungen, um Saturn rotieren. Es liefs sich der Nachweis führen, dafs nur eine äufsere erhaltende Kraft das Gleichgewicht in diesem Falle herzustellen vermochte. Wiewohl nun die Anziehung der Satelliten, deren Saturn nicht weniger als 8 besitzt, eine solche darstellen konnte, so war doch damit noch immer nicht bewiesen, dafs unter ihrer Einwirkung das System auch wirklich balanziert sein müsse. Keine der drei Möglichkeiten, die zunächst in Frage kommen konnten, erwies sich sonach als geeignet, das zureichende Fundament für einen stabilen Gleichgewichtszustand zu bieten.

In Verfolg eines von Cassini angeregten Gedankens, dafs die Ringe als Konglomerat von kleinen diskreten, satellitenähnlichen Massen aufzufassen seien, führten endlich rein mathematische Untersuchungen Clerk Maxwell zu dem Resultat, dafs unter dieser Voraussetzung die Stabilität der Saturnumgürtungen gesichert sein würde. Noch bestimmter sprach Hirn in Colmar auf Grund seiner eleganten Untersuchungen den Satz aus, dafs das imposante Ringsystem Saturns nur

dann von Dauer sein könne, wenn es aus einer Anzahl fester Masseteilchen besteht, die von einander durch verhältnismäfsig grofse, leere Zwischenräume getrennt sind, und die in ihren Dimensionen ziemlich stark variieren können, deren jedes aber selbständig um den Planeten eine Bahn wie ein Satellit beschreibt. Man hätte sich also die Ringe, die hiernach eine ähnliche Konstitution besäfsen wie die Kometen nach Schiaparellis Hypothese, gleichsam als eine dichte Wolke aus kleinen Monden vorzustellen, und nur ihre grofse Entfernung bewirkt, dafs das Ringsystem, von seinen Teilungen abgesehen, als ein kontinuierliches Gebilde erscheint.

Diese Hypothese ist nun in der That im stande, die vielfach rätselhaften Erscheinungen der Ringe vollständig zu erklären. In dem mittleren Ring B sind zweifellos die einzelnen Massenteilchen am dichtesten gesät, noch zahlreicher als in A, während in dem Florring ihre Anzahl eine relativ geringe sein und nach der Saturnkugel hin sehr schnell abnehmen mufs, wie sich aus der beobachteten Durchsichtigkeit folgern läfst. Unter dem Einflufs der Störungswirkungen der 8 Trabanten wird die wechselseitige Anordnung der Miniaturmonde starken Schwankungen unterworfen sein, und daraus werden dann die teilweise in den Schattendeformationen, teilweise an den Ringen selbst vielfach gesehenen Wandlungen einigermafsen verständlich. Die Hauptteilungen charakterisieren sich aus hier nicht zu erörternden Gründen in ähnlicher Weise als Lücken, in denen sich nur vorübergehend und in geringer Menge die kleinen Ringmassen aufhalten können.

Man wird nun trotz der zwingenden Gründe, welche für die Richtigkeit der Maxwell-Hirnschen Theorie sprechen, nicht umhin können zu gestehen, dafs Beweise, welche sich an direkte Beobachtungen anlehnen, zu ihrer Unterstützung nur erwünscht sein müfsten. Für diesen Zweck sind Beobachtungen von Bedeckungen heller Fixsterne seitens des Ringes in Vorschlag gebracht worden, um zu entscheiden, ob ihr Licht noch durch ihn hindurchzudringen vermag; aber solche ereignen sich nur äufserst selten, und bis jetzt ist keine Wahrnehmung dieser Art sicher verbürgt. Photometrische Beobachtungen der gesamten Intensität des von Saturn reflektierten Lichtes haben dagegen ein Mittel an die Hand gegeben, um diese lange tief empfundene Lücke auszufüllen. Insbesondere hatten die exakten Untersuchungen Müllers in Potsdam gezeigt, dafs die Helligkeit des Saturnsystems starken Veränderungen unterworfen ist, die nicht von der Stellung der Ringebene zur Gesichtslinie, wohl aber von der Lage des Planeten gegen

die Verbindungslinie Sonne—Erde abhingen, denn 60 Tage vor resp. nach der Opposition betrug die Lichtmenge nur noch beiläufig 0.8 von der in der Opposition selbst beobachteten. Dieser Thatsache trägt Seeliger in folgender Weise Rechnung.[3]) Die Ringsatelliten müssen sich augenscheinlich einmal, indem sie von der Erde aus betrachtet werden, teilweise verdecken; andererseits, da sie ihr Licht von der Sonne empfangen, werden sie sich gegenseitig beschatten. Aus beiden Gründen findet also eine Verminderung der Gesamthelligkeit statt. Stehen nun Sonne, Erde und Saturn mit ihren Zentren genau in einer geraden Linie, so sind die verfinsterten und die verdeckten Oberflächenteile der Miniatursatelliten offenbar identisch, die Helligkeit wird also in solchen Oppositionsstellungen am gröfsten sein, während zu jeder anderen Zeit der kombinierte Effekt der Verdeckung und der Beschattung die Itensität verringert. Auch mathematisch läfst sich dieses Abhängigkeitsverhältnis genau darstellen, unter der einzigen Annahme, welche übrigens der Allgemeinheit der Betrachtung kaum Eintrag thut, dafs die den Ring bildenden Körper kugelförmig sind.

Zu diesen Schlufsfolgerungen ist letzthin eine ganz unerwartete, auf spektralanalytischem Wege erlangte Bestätigung getreten. James Keeler glückte es nämlich im April 1895, am 12zölligen Refraktor des Allegheny-Observatoriums einige Spektrogramme von Saturn zu erhalten, die so vorzüglich sind, dafs aus ihnen einerseits ein erneuter Beweis für die Gültigkeit des Dopplerschen Prinzips, andererseits eine wichtige Stütze für die Hirn-Maxwellsche Hypothese abgelesen werden kann.

Um die Keelersche Arbeit zu verstehen, erinnern wir uns der Thatsache, dafs die Bewegung einer Lichtquelle eine Veränderung der Brechbarkeit aller von ihr ausgehenden Lichtarten bewirkt; in der Regel kann die hiermit zusammenhängende Verschiebung der dunklen Spektrallinien nur, wie bei Fixsternen, durch Vergleichung mit dem Spektrum einer ruhenden Lichtquelle wahrgenommen werden. Hat dagegen ein leuchtendes Objekt eine mefsbare Ausdehnung, und führt es zugleich in seinen Teilen verschieden grofse Bewegungen aus, so ist bei geeigneter Anordnung eine Linienverschiebung direkt ersichtlich, und dies trifft z. B. für die Sonne und die helleren Planeten zu.

Denken wir uns also den Spalt eines Spektroskops in der Brennebene eines Fernrohres so gestellt, dafs er mit der grofsen Axe der Saturnrings zusammenfällt, so entsteht das bekannte Farbband, und

[3]) Diese Darlegungen sind der Vollständigkeit wegen aus H. u. E. Jahrg. I S. 400 u. 401 abgekürzt herübergenommen.

zwar ist dasselbe wie stets senkrecht zur Längsrichtung des Spaltes auseinandergezogen. Man erhält mit anderen Worten eine grofse Anzahl dicht bei einander liegender, schmaler Spektren, die sämtlich den zugeordneten Teilen des Saturnäquators angehören. Den dunklen Zwischenräumen zwischen Kugel und Ringansen entsprechen dunkle Längsstreifen, welche das eigentliche Planetenspektrum von demjenigen der Ringansen abschliefsen. Von den Ringteilungen ist auf Keelers Aufnahme wegen ihrer äufserst geringen Breite keine Spur zu bemerken.

Da Saturn als fester Körper in allen seinen Teilen mit gleichmäfsiger Geschwindigkeit rotiert, so können die von den zentralen Partieen reflektierten Lichtarten keine Änderung ihrer Brechbarkeit erleiden, weil, von der relativen Bewegung des ganzen Saturnsystems im Raume abgesehen, jene Gebiete nur eine Bewegung senkrecht zum Visionsradius besitzen. Die am Westrande auf dem Saturnäquator gelegenen Oberflächenteile bewegen sich dagegen mit der infolge der Rotation ihnen eigenen Geschwindigkeit von uns weg, der Ostrand in der Richtung auf uns zu. Sämtliche im Spektralbilde von den beiden Rändern erzeugten Linien müssen demnach eine Verschiebung in einander entgegengesetztem Sinne erfahren, und da diese Linienverschiebung vom Zentrum an stetig wächst, so ergiebt sich, was man durch einfache mathematische Überlegung bestätigt findet, dafs jede Linie, die man sich als aus sehr vielen kurzen gegen einander verschobenen Stücken zusammengesetzt zu denken hat, gegen die entsprechende Linie im Spektrum eines zum Vergleich benutzten ruhenden leuchtenden Körpers geneigt sein mufs.

Würde sich nun der Ring wie ein starres, mit dem Planeten untrennbar, obwohl nur durch unsichtbare Fäden verbundenes Ganzes in der gleichen Zeit wie der eigentliche Ball um dessen Axe drehen, so müfsten die Linien im Ringspektrum auf beiden Seiten notwendig die Verlängerungen der Spektrallinien im Bilde des Planeten sein. Besäfse er indefs eine zwar gleichmäfsige, aber von derjenigen Saturns abweichende gleichgerichtete Rotation, so würden die Linien immer noch gerade sein, nur ihre Richtung würde von der im Planetenspektrum angedeuteten abweichen. Die Ausmessung der Keelerschen Aufnahme läfst aber erkennen, dafs weder das eine, noch das andere zutrifft.

Es ist nun leicht einzusehen, dafs wir vollkommen andere Verhältnisse erwarten dürfen, sobald der Ring aus einer Unzahl individueller Massenteilchen besteht, deren jedes im wesentlichen unab-

hängig von allen übrigen in einer Zeit den Zentralkörper umkreist, welche ein in gleicher Entfernung vom Zentrum befindlicher Satellit dem 3. Keplerschen Gesetz zufolge gebrauchen würde. Wir sind auch dann noch im stande, die Richtungsänderungen und eine dadurch bedingte modifizierte Form der Fraunhoferschen Linien im Ringspektrum a priori zu ermitteln. Fig. 24. giebt uns eine Vorstellung davon, wie unter solchen Voraussetzungen ein bestimmter Teil des gesamten Saturnspektrums stark übertrieben hinsichtlich der Liniengestaltung sich ausnehmen würde; sie zeigt sogleich, dafs es sich bei den Keelerschen Originalaufnahmen um sehr kleine Gröfsen handelt, denn die Breite des ganzen Spektralbildes beträgt kaum 1 mm, und entsprechend sind alle übrigen Dimensionen reduziert zu denken. Für einen der Miniaturtrabanten, welcher der äufsersten Ringbegrenzung angehört, also von der Planetenmitte 135000 km entfernt ist, ergiebt sich beispielsweise eine Rotation von 13h.7 und eine Geschwindigkeit in der Sehlinie von 17,1 km in der Sekunde, während ein anderer an der inneren Ringgrenze bei einem Abstande von nur 90000 km und 7h.5 Umlaufszeit eine Geschwindigkeit von 21 km besitzen müfste. Findet man durch die Beobachtungen solche Verschiebungen, welche diesen und den zwischenliegenden Geschwindigkeiten entsprechen, so mufs es als im höchsten Grade wahrscheinlich bezeichnet werden, dafs die gemachte Annahme zu Recht besteht. In der That findet nun hier eine Übereinstimmung statt, wie man sie besser nicht wohl erwarten darf (vgl. Fig. 25). Freilich ein positiver Beweis dafür, dafs ausschliefslich diese eine Annahme den anscheinend günstigen Messungsergebnissen genüge, wäre hierdurch noch nicht erbracht, worauf Seeliger in einer Notiz in den Astronomischen Nachrichten ausdrücklich hingewiesen hat. Die oben besprochene Laplacesche Hypothese würde hierfür schon vollständig ausreichen.

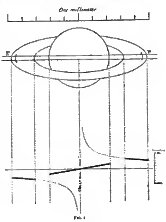


Fig. 24.

Gleichwohl ergiebt sich, sobald man sich der früheren unabhängigen Deduktionen bewufst bleibt und nun die Messungsresultate

ansieht, dafs die Geschwindigkeit an dem inneren Rande des Ringes B — der Florring, welcher auf den Photographien nicht zu erkennen ist, mufs hierbei eufser Betracht hleiben — diejenige an dem Aufsenrande von A erhehlich übersteigt, und dafs innerhalh der durch die Ausmeesung zur Zeit zu erlangenden Genauigkeit die relativen Geschwindigkeiten an den verschiedenen Punkten dee Ringsystems durchaue dem dritten Keplerschen Geeetz entsprechen.

Zur Illustrierung dieser Schlüsse setzen wir einige der von Keeler erhaltenen Zahlenwerte hierher. Die nachfolgende Tabelle enthält zunächet Zahlen, welche eich rein theoretiech unter der Annahme ergeben, dafs der Ring aue Satellitengruppen geformt sei.

	Entfernung vom Zentrum km	Umtaufsdauer eines Trabanten	Berechnete Geschwindigkeit km	Geschwindigkeit im Visionsradius am t0. April km
Äufsere Ringbegrenzung . . .	t35 000	t3.h 8	t7.t	16.3
Ringmitte.	t12 500	t0.5	t8 8	t7.9
Innere Ringbegrenzung . . .	90 000	7.5	2t.0	20.0
Rand der Ptanetenscheibe	60 500	4.t	25.6	24.5

Thatsächlich aber vollzieht eich die Rotation des Planeten, aleo auch des Scheibenrandes, bei einer Dauer von 10.h 23 mit einer Geschwindigkeit von 10.29 km in der Sekunde; in der Richtung der Gesichtslinie ergiebt sich für den 10. und 11. April eine solche von 9.82 km. Die Auemessung der Platten hat das Ergebnis gehabt, dafs

die Geschwindigkeit dee Scheibenrandee = 10.3 km
" " der Ringmitte = 18.0 "

an den beiden Tagen hetrug. Die berechneten Werte sind 10.3 und 18.8 km, die auftretenden Unterschiede mit Rücksicht auf die Schwierigkeit der Messungen gänzlich belanglos.

Das Ringsystem, aus dessen mechanischem Aufbau wir uns, um seine Konstitution zu ergründen, in den vorhergehenden Schilderungen eingehender beechäftigt haben, bildet nicht die einzige, wiewohl zweifellos die imposanteete Merkwürdigkeit Saturns, denn ee umkreisen ihn, wie wir bereits erfuhren, noch 8 Trabanten, die höchste Zahl, welche irgend ein Glied des Sonnensystems aufzuweisen hat. Den helleten unter ihnen fand Huygene am 25. März 1655; seine Umlaufszeit hestimmte er zu heiläufig 16 Tagen. Wahrscheinlich würde er noch einige dieeer Trabanten gefunden hahen, wenn er nicht in dem Irr-

tum befangen gewesen wäre, dafs nicht mehr Monde als Hauptplaneten existieren könnten.[4]) Die Zahl 6 war aber durch seine Entdeckung hinsichtlich der Satelliten nun auch erreicht. Vier weitere Saturnsatelliten spürte alsdann nach einander D. Cassini in dem Zeitraum von 1671—1684 auf, aber erst 1789 gelang W. Herschel die Auffindung der beiden dem Planeten nächsten Begleiter. Der achte und wahrscheinlich der letzte, zugleich der lichtschwächste Saturntrabant ist unabhängig von Bond in Cambridge und von Lassell auf Malta erst im September 1848 in derselben Nacht entdeckt worden. Nachstehend findet man eine übersichtliche Zusammenstellung einiger auf die Ent-

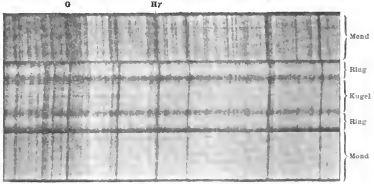


Fig. 25. **Spektrum des Saturn und seiner Ringe,**
aufgenommen am 16. Mai 1895 von W. W. Campbell, Licksternwarte, ca. 10mal vergröfsert. Mond als Vergleichsspektrum.

deckung bezüglichen Angaben, aufserdem ihre Entfernungen vom Saturnzentrum in Einheiten des Kugelhalbmessers.

Trabant	Name	Entdecker	Zeit der Entdeckung	Entfernung
1	Mimas	Herschel	1789 September 17	3.3
2	Enceladus	„	1789 August 28	4.3
3	Thetys	Cassini	1684 März	5.3
4	Dione	„	1684 März	6.8
5	Rhea	„	1672 Dezember 23	9.5
6	Titan	Huygens	1655 März 25	20.7
7	Hyperion	Bond (Lassell)	1848 September 16	26.8
8	Japetus	Cassini	1671 Oktober	64.4

Zur Unterscheidung brachte J. Herschel die bereits in der Zusammenstellung angegebenen mythologischen Namen, die er in folgendem Vers der Reihenfolge ihrer Abstände gemäfs aufführte:

[4]) Bekannt waren aufser dem Erdmond schon seit 1610 die vier Jupitersatelliten.

Japetus cunctos supra rotat, huncce sequuntur,
Hyperion, Titan, Rhea, Dione, Tethys,
Enceladus, Mimas . . . .

in Vorschlag.

Über die wahren Dimensionen dieser Trabanten kann man, da sie mit Ausnahme von Titan und Japetus im Fernrohr nicht als Scheiben von mefsbarer Ausdehnung erscheinen, kaum etwas aussagen; jedenfalls dürften sie mit einer Ausnahme sämtlich bedeutend kleiner als unser Erdmond sein. Läfst man die Helligkeit als ungefähren Mafsstab gelten, so würden sie, mit dem leuchtendsten beginnend, sich etwa in folgender Anordnung aneinander reihen:

Titan, Japetus, Rhea, Tethys, Dione, Enceladus, Mimas und Hyperion.

Die letzten beiden sind meist nur in grofsen Fernrohren unter geeigneten Umständen sichtbar. Unter Zugrundelegung photometrischer Bestimmungen kommt W. H. Pickering zu den scheinbaren und wahren Durchmessern in der nachstehenden Zusammenstellung:

Trabant	Gröfse	Scheinbarer Durchmesser	Wahrer Durchmesser km
1	12.8	0."15	1000
2	12.3	18	1200
3	11.4	28	1900
4	11.5	27	1900
5	10.8	35	2400
6	9.4	70	4800
7	13.7	10	700
8	11.4	28	1900

Für den 6. und hellsten Satelliten Titan fand Barnard durch direkte Messung einen scheinbaren Durchmesser von 0."59 oder 4000 km; dieser Trabant ist danach nahe ebenso grofs, wie der I. und II. Jupitersatellit, und eher noch etwas gröfser als der Begleiter der Erde.

Der Vollständigkeit wegen soll dieser Tabelle eine Zusammenstellung der auf die Bahnverhältnisse des Planeten bezüglichen Daten, soweit sie nicht schon früher zur Mitteilung gelangten, angefügt werden; sie gelten für den Anfang des Jahres 1850.

Saturn. ♄

Mittlere tägliche Bewegung	120."45
Siderische Umlaufszeit in mittleren Tagen .	10 759.236
Mittlere Entfernung von der Sonne . . .	9.53886 astron. Einh. = 1418 Millionen km
Excentrizität } der Bahn {	0.05607
Neigung } der Bahn {	2° 29' 40"
Länge des Perihels	90° 6' 38"
„ „ aufsteigenden Knotens	112° 20' 53"

Die Bahnen der fünf inneren Monde liegen sehr nahe in der Ringebene; die drei übrigen können sich ein wenig von derselben entfernen, immerhin sind aber auch bei ihnen die Bahnneigungen sehr gering. Man überzeugt sich davon durch Betrachtung der Fig. 26, bei welcher ersichtlich alle 8 Trabanten in gerader Linie, die mit der Ringlinie zusammenfällt, angeordnet erscheinen. Vorübergänge vor dem Planeten sind deshalb nur zu beobachten, wenn der Ring ganz schmal erscheint. Da sie alsdann sich zeitweilig auf der Ringlinie befinden müssen, so hat man hierin ein Mittel zur Vergleichung ihrer Durchmesser mit der Dicke des Ringsystems, die sich stets als fast verschwindend erwiesen hat.

Aus dem gleichen Grunde sind auch Verfinsterungen der Satelliten fast niemals zu beobachten. Eine Ausnahme macht gelegentlich Japetus. Aus dem Durchgang dieses Mondes durch den Ringschatten am 1. November 1889 und den bei dieser Gelegenheit festgestellten Helligkeitsänderungen konnte Barnard den Nachweis führen, dafs durch den Florring hindurch Japetus noch sichtbar blieb, und dafs eine scharfe Trennung zwischen den Ringen B und C nicht existiert.[5])



Fig. 26. **Saturn mit seinen 8 Trabanten im 26"-Refraktor zu Washington am 27. Oktbr. 1848.**

Auch sonst zeigt Japetus noch in bezug auf seine Helligkeit ein merkwürdiges und aufsergewöhnliches Verhalten. Auf der Westseite des Planeten erscheint er stets bedeutend glänzender als auf der Ostseite. Zur Erklärung nimmt man an, dafs er zwei Hemisphären besitzt, die verschieden stark das Sonnenlicht zu reflektieren vermögen, und dafs er in derselben Zeit rotiert, welche er zu seinem Umlauf gebraucht; indessen ist wenigstens die erstere Vermutung nicht gerade wahrscheinlich.

Und so bleibt schliefslich auch hinsichtlich der Welt des Saturn, die in ihrer Grofsartigkeit und Vielgestaltigkeit ihres Gleichen sucht, noch viel zu thun, um Klarheit zu schaffen und Lücken auszufüllen, die uns heute noch unüberbrückbar dünken, und um aus dem Wechsel der Erscheinungen das Bleibende und das Wahre herauszuschälen.

5) Siehe deswegen auch H. u. E. Jahrg. III pag. 94 ff.

Felix Tisserand †.

Die Pariser Sternwarte hat einen empfindlichen Verlust erlitten: nach kaum mehr als dreijähriger Wirksamkeit ist ihr Direktor, Felix Tisserand, am 20. Oktober 1896 plötzlich und Allen unerwartet aus dem Leben geschieden.

Tisserand war am 15. Januar 1845 zu Nuits (Côte-d'Or) geboren; seine Eltern befanden sich, wie wir hinzufügen müssen, in bescheidenen Lebensverhältnissen. Mit 18 Jahren trat er zu seiner wissenschaftlichen Ausbildung in die École normale zu Paris ein und fand nach Abschlufs seiner Studien 1868, als Gehilfe der Pariser Sternwarte, Gelegenheit, sich ganz der Astronomie widmen zu können. Bei Gelehrten hängt das Erreichen einer höheren wissenschaftlichen Bedeutung, die spezielle Richtung ihrer Thätigkeit und der Grad ihrer Fruchtbarkeit auf dem wissenschaftlichen Spezialgebiete nicht nur, wie man in weiteren Kreisen vielleicht glaubt, von der persönlichen Begabung und dem Eifer des Betreffenden ab, sondern vielmehr von dem Antreffen günstiger Verhältnisse, welche es ermöglichen oder auch verhindern können, dafs der Einzelne den Erfolg in der Wissenschaft findet, für welchen er seine Kräfte einsetzt. Der glückliche Zufall, dieser bestimmende Faktor des menschlichen Lebensgetriebes, war aber dem jungen Tisserand günstig. Vom Jahre 1873 ab sehen wir nämlich in Frankreich einen schönen Aufschwung der Astronomie sich entwickeln. Eine Reihe von Observatorien, die bis dahin nur stiefmütterlich bedacht waren, wurden neu organisiert, durch Staatshilfe oder Mitwirkung der Kommunen verbessert, oder auch erst ins Leben gerufen. 1873 und 1878 wurden so die Observatorien von Toulouse und Marseille neu gestaltet, die Sternwarte von Bordeaux gegründet, 1884 die Observatorien zu Lyon und Besançon, 1885 das zu Algier errichtet, zu welchen in neuester Zeit noch die Bergobservatorien Pic du Midi und Mt. Meunier hinzukamen, und 1881 die grofsartige Schöpfung der Sternwarte bei

Nizza allein durch private Mittel geschaffen. In diese Epoche frischer wissenschaftlicher Lebensthätigkeit fiel der Beginn des Wirkens Tisserands; sie sollte auch ihm die Möglichkeit eröffnen, sich ein würdiges Arbeitsfeld verschaffen und auf diesem zu höheren Zielen fortschreiten zu können. Im Jahre 1873 hatte sich die Stadt Toulouse entschlossen, ihr Observatorium, das bis dahin kaum mehr als vegetiert hatte, durch Beschaffung einer vorzüglichen Instrumentensammlung



Felix Tisserand.

und Errichtung eines Personalstatuts, zu einer ansehnlichen Sternwarte zu gestalten. Die Direktorstelle wurde Tisserand zugedacht; gleichzeitig übernahm er die Professur an der Faculté des sciences der Stadt. Kam also Tisserand, durch die Zeitverhältnisse begünstigt, ungewöhnlich früh, mit dem 28. Lebensjahre schon in eine leitende Stellung, so mufs man andererseits rückhaltlos anerkennen, dafs er das ihm bewiesene Vertrauen durch seine Leistungsfähigkeit nicht nur gerechtfertigt, sondern weit übertroffen hat. Zunächst nahm er an den Kommissionsberatungen zur Beobachtung des Venusvorüber-

ganges von 1874 teil und ging zur Beobachtung dieses Phänomens mit einer Expedition nach Japan. Nach seiner Rückkehr nach Toulouse bot ihm die Saturnopposition von 1876 Gelegenheit, die Satelliten des Saturn zu beobachten und den Positionsbestimmungen dieser Körper, welche damals nur in den Vereinigten Staaten Nordamerikas verfolgt wurden, zum ersten Male französische Messungen an die Seite zu stellen. Die theoretischen Arbeiten über die säkulare Verschiebung der Bahn des achten Saturnmondes (Japetus), die Bestimmung der Masse des Saturnringes und des Mondes Titan, sowie über die Bewegung der Apsiden der Satelliten, welche Tisserand auf Grund der Toulouser Beobachtungen über das Saturnsystem lieferte, haben vornehmlich dazu beigetragen, ihn als Theoretiker aufs Vorteilhafteste bekannt zu machen. Bald wurde er nach Paris zurückberufen. Er übernahm dort die Professur für theoretische Mechanik; die Akademie der Wissenschaften verlieh ihm 1878 den durch Leverriers Tod freigewordenen Sitz. Im selben Jahre wurde er an Stelle Mathieus auch Mitglied des Bureau des Longitudes. Später übertrug man ihm das Sekretariat des Conseil de l'Observatoire, 1883 die Professur für Astronomie an der Sorbonne; und schliefslich brachte der Tod Mouchez' (1892) seine Ernennung zum Direktor der Sternwarte von Paris.

Tisserand hat in Paris eine umfassende und viel verzweigte astronomische Thätigkeit entwickelt. Seiner persönlichen Neigung zur Mathematik und dem Umstande entsprechend, dafs er in den ersten Jahren seiner Pariser Wirksamkeit auf die Bebauung des Arbeitsfeldes der theoretischen Astronomie angewiesen war, ist er Theoretiker geworden und dies auch nach der Versetzung in eine der praktischen Astronomie gewidmete Stellung, wie solche die Leitung der Sternwarte war, geblieben. Die wissenschaftliche Haltung, die er, wenn wir auf seine Gesamtleistungen einen Blick werfen, auf dem Gebiete der Theorie einnimmt, ist eine eigenartige. Während sonst die hervorragenden astronomischen Theoretiker ihre Kraft darin versucht haben, entweder Untersuchungen von rein mathematischem Interesse innerhalb der engeren Grenzen der Himmelsmechanik zu liefern, oder aber ihre Arbeiten dahin zielten, neue Methoden zur Lösung theoretischer Schwierigkeiten oder zur Abkürzung der Rechnungsarbeit bei verschiedenen Problemen zu schaffen, war Tisserands Absicht vornehmlich darauf gerichtet, in Beziehung auf an sich merkwürdig erscheinende Resultate der Beobachtung verschiedener himmlischer Objekte oder sich ergehender astronomischer Verhältnisse durch die Hilfsmittel der Analysis beleuchtend und aufklärend zu

wirken. Wir können uns nicht versagen, aus der Vielzahl seiner interessanten Arbeiten einige hier hervorzuheben. So hatte Chandler bei dem bekannten veränderlichen Sterne Algol gefunden, dafs die Minima des Glanzes dieses Sternes in eine Periode von 140 Jahren eingeschlossen erscheinen; wenn Algol einen dunklen Stern als Begleiter besitzt und sich mit ihm um einen dritten Stern bewegt, würde sich die Periode erklären lassen. Tisserand zeigte aber, dafs ein dritter Stern nicht angenommen werden darf, dafs vielmehr eine bei dem Algol selbst vorhandene Abplattung von der Gröfse, wie sie etwa unsere Erde besitzt, und eine geringe Exzentrizität der Bahn, in welcher sich der dunkle Begleiter um Algol bewegt, hinreichend sind, eine Ungleichheit von 140 Jahren in der Lichtperiode hervorzubringen. Bald nach der Entdeckung des fünften Jupitermondes, nachdem die Barnardschen Beobachtungen bekannt geworden waren, wies Tisserand nach, dafs der Punkt der gröfsten Annäherung dieses Satelliten an Jupiter durch die starke Abplattung des Jupiter eine aufserordentlich starke Verschiebung erfährt (eine ganze Revolution in je 5 Monaten), dafs dabei die Bahnexzentrizität eine geringe ist, und die andern vier Monde keine Störungen auf den fünften ausüben. Ein ähnliches Resultat fand Tisserand für die Bewegung des Neptunmondes; das beobachtete starke Weiterschreiten des Knotens der Bahn dieses Satelliten und der Rückgang des Neigungswinkels derselben hat ihren Grund in einer geringen, für uns wahrscheinlich gar nicht einmal mefsbaren Abplattung des Neptun: im Falle der Neptun nicht gegen sein Zentrum stark an Dichte zunimmt, würde eine Abplattung von $^1/_{100}$ und eine Bahnneigung von 20^0 gegen den Planetenäquator genügen, um die von den Beobachtungen geforderten Bewegungen hervorzubringen. Für die Dauer der Rotation des Uranus gelangte Tisserand durch theoretische Betrachtungen zu der Annahme, dafs dieselbe mindestens nahe 8 Stunden betragen dürfte, ein Resultat, welches neuestens durch die Beobachtungen von Brenner auf der Manora-Sternwarte seine Bestätigung erhalten hat. Der durch das Auftreten eines aus mehreren Teilen bestehenden Kernes den Astronomen merkwürdig gewordene Septemberkomet von 1882 gab Tisserand Gelegenheit, nachzuweisen, dafs bei dem aufsergewöhnlich nahen Vorübergang dieses Kometen vor der Sonne und der dabei erlangten grofsen Geschwindigkeit eine ganz geringe Änderung der Bahnexzentrizität eine der Hauptursachen gewesen sein kann, welche die Zerspaltung des Kometenkopfes in mehrere Teile veranlafst hat. Eine interessante Belehrung über das Zustandekommen der Bahnen

von Kometen mit elliptischer Bewegung gab Tisserands Untersuchung über die Einwirkung des Planeten Jupiter auf parabolische Bahnen. Er zeigte, dafs wenn ein Komet dem Jupiter sehr nahe kommt, mit parabolischer Geschwindigkeit den Planeten überholt und der Winkel Komet—Jupiter—Sonne ein rechter ist, sich die vorher unendliche Bahn des Kometen in eine elliptische von der kurzen Umlaufszeit von $5^1/_2$ Jahren verwandelt. Ursprünglich parabolische Kometenbahnen sind auf diese Weise in elliptische umgeformt worden. Im allgemeinen machen die Störungen es unmöglich, die Identität zweier Kometen mit ähnlichen Bahnen nachzuweisen; wenn aber zwei solche Kometen an derselben Stelle dem Jupiter nahe kommen, kann man durch ein von Tisserand aufgestelltes Kriterium die Frage ihrer Identität entscheiden. Diese Untersuchung Tisserands hat viel zur Klärung über die Stellung der Kometen zu unserem Sonnensystem beigetragen, da es an der Hand des Tisserandschen Kriterium möglich geworden ist, die Zusammengehörigkeit neuerer Kometen zu älteren zu ventilieren. Einen wichtigen Beitrag lieferte Tisserand für verschiedene neuere astronomische Fragen durch die Untersuchung des Widerstandes, welchen ein an der Fortbewegung des ganzen Sonnensystems teilnehmender Ätherstoff auf die Bahnachse und die Exzentrizität der Planeten und Kometen ausübt. Betreffs der sog. „Lücken" in der Zone der kleinen Planeten, die den Störungen zugeschrieben wurden, welche aus der Kommensurabilität der mittleren Bewegung einzelner Planeten entspringen, zeigte Tisserand, dafs die Werte der Bewegung und Exzentrizität, welche die Planeten erreichen könnten, in enge Grenzen geschlossen seien und daher die Stabilität der Bahnen gewahrt bleibe. Tisserand gebührt auch das Verdienst, die Maxwellsche Theorie des Saturnringes vereinfacht und weiter bekannt gemacht zu haben. Beträchtlich sind die Arbeiten von Tisserand über die Theorie der Erdbewegung und über das Störungsproblem. Aufserdem beschäftigten ihn verschiedene Detailfragen über die Berechnung von Störungen, von Kreisbahnen, über die Libration der kleinen Planeten u. v. a. 1884 begründete Tisserand in der richtigen Erkenntnis, dafs die in Frankreich seit 1873 rasch fortgeschrittene Entwickelung der Astronomie der Zentralisierung durch ein französisches Fachorgan bedürfe, das „Bulletin astronomique". Diesem jetzt hochgeachteten Fachjournale stand er bis zu seinem Tode als Redakteur vor; er „leitete" es, hiefse viel zu wenig, sondern eher, er arbeitete dafür als Hauptmitarbeiter, da jeder Band dieser Zeitschrift mehrere Beiträge von ihm enthält. Einen Teil

seiner Veröffentlichungen hat er auch den „Comptes rendus" der Pariser Akademie zugedacht. Was gröfsere, im Buchhandel erschienene Werke anbelangt, hat Tisserand schon früh, 1876, ein Hilfsbuch über Infinitesimalrechnung erscheinen lassen. Sein Hauptwerk aber bildet seine „Traité de mécanique céleste". Man sagt, dafs er an diesem Werke seit dem Beginne seiner Lehrthätigkeit, also gegen 20 Jahre, gearbeitet habe. Dies ist nicht verwunderlich, wenn man die gewaltige Menge wissenschaftlichen Stoffes übersieht, welchen dieses vierbändige, 1888 in die Öffentlichkeit getretene und im laufenden Jahre beendete, grofse Werk in sich birgt. Tisserand hat dort die geistige Arbeit, die seit Laplace auf dem Gebiete der Mechanik des Himmels, nämlich der Theorie der Bewegung der Planeten und Satelliten, der Erde und des Mondes, geschaffen worden ist, in eine einheitliche Darstellung zusammengefafst. Das Werk repräsentiert eine sehr bedeutende Menge eigener Arbeit Tisserands, da der Inhalt von hunderten Memoiren und Abhandlungen durchgearbeitet und dann den Intentionen der einzelnen Kapitel entsprechend entwickelt werden mufste. Die in- und ausländische fachliche Kritik war einstimmig im Lobe über die gründliche, erschöpfende und doch überall sich der möglichsten Kürze befleifsigende Darstellung der in der „Mécanique" dargelegten mathematischen Theorien. Obwohl Tisserand nur eine kurze Spanne Zeit beschieden war, der Sternwarte vorzustehen, hat er doch gezeigt, dafs er sich auch schnell in die Pflichten eines Direktors zu finden wufste. Namentlich überwachte er eifrig die Fortführung des grofsartigen, von seinem Vorgänger Mouchez begonnenen Werkes der Herstellung der photographischen Himmelskarte. Dafs er auch Sinn für das Popularisieren der Astronomie besafs — eine bei einem so eminenten, spezifischen Theoretiker gewifs seltene Eigenschaft — bewies er dadurch, dafs er nicht nur für den französischen Normalkalender, das „Annuaire", öfter populäre Beiträge zur Verfügung stellte, sondern auch in der populären astronomischen Gesellschaft zu Paris Vorträge hielt und bisweilen sogar den Vorsitz führte.

Tisserand war von kleiner Statur, von ruhigem Wesen; sein Charakter war durch Güte und Bescheidenheit ausgezeichnet. Ganz besonders ist die Teilnahme hervorzuheben, die er den Arbeiten einheimischer sowie fremder Gelehrter entgegenbrachte. Wo immer er ein ehrliches, wissenschaftliches Streben wahrnahm, war er bereit, so viel es auf ihn ankam, dieses zu unterstützen. Seine Schüler nicht blos, sondern auch manche andere Gelehrte betrauern seinen Tod, wohl

wissend, dafs gerade diese Eigenschaft, die der geistigen, wohlwollenden Förderung der jüngeren Kräfte, nicht so häufig wiedergefunden wird.

Der Tod Tisserands erfolgte ganz plötzlich, ohne vorherige Krankheit. Gegen Ende des Sommers von der Sommerfrische aus Houlgate mit seiner Familie zurückgekehrt, hoffte er, sich im Herbste wieder zu seinen Studien begeben zu können. Am 19. Oktober abends hatte er einer kleinen Festlichkeit bei der Witwe Mouchez heiter und guter Dinge beigewohnt. Gegen Mitternacht fühlte er sich unwohl und fuhr mit seiner Frau nach Hause. Er wurde bewufstlos auf die Sternwarte gebracht und starb zwei Stunden später infolge eines Schlaganfalles. Tisserand hinterläfst drei Kinder und die trauernde Witwe; er hat nur ein Alter von 51 Jahren erreicht.

F. K. Ginzel.

Vermutliche Existenz von Gliedern langer Periode in der Mondbewegung und Variabilität der Erdrotation.

Die vollständige Durchführung der Mondtheorie, d. h. die mathematische Entwicklung sämtlicher bei Zugrundelegung des Gravitationsgesetzes sich ergebender Bewegungserscheinungen in der Bahn des Mondes und der von der Einwirkung der Planeten herrührenden Störungen, ist ein schwieriges und derzeit noch lange nicht abgeschlossenes Problem. Die theoretische Ermittelung der säkulären Beschleunigung der Mondbewegung unterliegt ebenso sehr Schwierigkeiten wie der Nachweis des Vorkommens von sogenannten Gliedern langer Periode, d. h. der an gröfsere, meist Jahrhunderte umfassende Zeiträume gebundenen Bewegungseigentümlichkeiten. Laplace hielt die Einwirkung der Planeten noch für belanglos; erst durch Hansens, Delaunays und Newcombs Arbeiten ist nachgewiesen worden, dafs in der Mondbewegung einige von den Planeten Venus und Erde verursachte Glieder langer Periode existieren. Newcomb gelang es, durch teilweise Berücksichtigung der letzteren und durch Zuhilfenahme empirischer Korrektionen unsere Mondbeobachtungen mit den Mondtafeln (welche die Resultate der Theorie enthalten) zu einer hinreichenden Übereinstimmung zu bringen. Vor einiger Zeit hat sich Newcomb wieder über die Ursachen der Differenzen zwischen Theorie und Beobachtung und namentlich über die mögliche Existenz bisher noch nicht bekannter Glieder langer Periode ausgesprochen. Er macht

darauf aufmerksam, dafs bei unseren Beobachtungen die Zeit, d. h. der Umschwung der Erde, als völlig gleichförmiges, unveränderliches Mafs vorausgesetzt und zu Grunde gelegt wird. Verschiedene neuere astronomische Beobachtungen können indefs zu Zweifeln berechtigen, ob die Rotation der Erde eine völlig gleiche sei und ob dieselbe im Laufe von Jahrhunderten nicht erhebliche Schwankungen durchlaufe. Im letzteren Falle würden unsere Beobachtungen durch diese Variationen in Beziehung auf die Gleichförmigkeit der Zeitmessung entstellt sein; es wäre dann möglich, dafs beim Monde das Hervortreten von Gliedern langer Periode gegen die Theorie nur ein scheinbares ist und, zum Teil wenigstens, durch jene Schwankungen der Rotation der Erde erklärt werden könnte. Um die für die Jetztzeit noch recht schwierige Frage, ob die Rotation der Erde eine unveränderliche ist oder nicht, einigermafsen beurteilen zu können, eignet sich kaum ein anderer Körper unseres Sonnensystems mehr hierzu als der Planet Merkur, da dessen Bewegung durch sehr lange Zeit eine völlig gleichförmige ist. Die Vorübergänge dieses Planeten vor der Sonne stellen infolge dessen das Resultat einer gleichförmigen Bewegung dar, an welcher wir die Frage, ob unsere Zeitmessung, resp. die Erdrotation eine gleichmäfsige ist oder nicht, prüfen können. Newcomb hat von den von ihm schon früher diskutierten älteren Beobachtungen der Vorübergänge des Merkur vor der Sonne, die sämtlich in den Monat November gefallenen Durchgänge von 1677, 1697, 1723, 1736, 1743, 1769, 1789, 1802, 1822 und 1848, sowie die neueren der Jahre 1861, 1868, 1881, 1894 ausgewählt und die Ein- und Austritte mit Hilfe seiner neukonstruierten Sonnen- und Merkurtafeln berechnet. Die zwischen den Tafeln und den Beobachtungen sich zeigenden Differenzen führt er auf zwei Hypothesen zurück: es sei eine völlig gleichförmige Rotation der Erde vorausgesetzt und unsere Beobachtungen seien daher als richtig anzunehmen; oder aber, es werde vorausgesetzt, unsere jetzige Mondtheorie liefere die Ungleichungen der Mondbahn korrekt und die Differenzen zwischen Theorie und Beobachtung hätten ihren Grund in Variationen der Erdrotation. Die bei der ersten Hypothese in den einzelnen Merkurdurchgängen übrig bleibenden Fehler zeigen nun einen bemerkenswerten Gang; sie blieben von 1677—1769 unter, von 1789—1848 über einer gewissen Gröfse, in neuerer Zeit 1881—1894 gingen sie wieder fast auf den ursprünglichen Fehler herab; der Fehler betrug nämlich

von 1677—1769 . . . . . — 5.4 Sekunden
„ 1789—1861 . . . . . + 6.4 „

1868	. . . . .	— 1.5 Sekunden
von 1881—1894	. . . . .	— 3.1 „

Die Merkurvorühergänge zeigen also deutlich das Vorhandensein kleiner Schwankungen in der Erdrotation, die sich während langer Zeiträume vollziehen und fünf, vielleicht selbst zehn Sekunden erreichen. Im Besonderen zeigen sie eine Verlangsamung des Erdumschwunges zwischen 1769—1789 und 1840—61, welcher eine Beschleunigung von 1862 ah bis 1870 gegenüher steht; die letztere Erecheinung wird ührigens auch durch die Mondheohachtungen hestätigt. Die zweite angenommene Hypothese gieht kein hefriedigendes Resultat, da man mit derselhen allenfalls den Beobachtungen von 1769—1894 genügen könnte, aber für die Zeit von 1677—1743 auf zu grofse Fehler geführt würde, als hei der Beohaohtung möglich sind. Newcomb zieht deshalh aus heiden Hypothesen den Schlufs, dafs in der mittleren Bewegung dee Mondes wirklioh eine oder mehrere Ungleichungen von langer Periode sein müssen, welohe unsere derzeitige Theorie noch nicht analytisch nachgewiesen hat. Da möglicherweise die Störungen höherer Ordnung, welche die Massen der Planeten erzeugen, Beiträge für diese Ungleiohungen liefern können, und da überhaupt die von den grofsen Planeten ausgehenden Störungen der Mondbahn noch nicht vollständig erforscht sind, so ist wünschenswert, dafs eine völlig exakte Durchführung der Ermittelung dieser Mondungleichungen, welche von den Planeten ahhängen, angestrebt werde.

Jubiläum der Neptuns-Entdeckung. Am 23. September waren 50 Jahre verflossen, seit die theoretische Astronomie in der Auffindung des von Leverrier aus den Uranus-Strömungen erreohneten Planeten Neptun einen ihrer gröfsten Triumphe gefeiert hat.[1]) Es geziemt uns um so mehr, unsere Leser an diesen Gedenktag zu erinnern, als die wirkliche Auffindung des neuen Planeten hekanntlich hier in Berlin durch den damaligen Observator Galle erfolgte, der noch heute als angesehener Astronom unter den Lebenden weilt und zu diesem eigenartigen Jubiläum durch die deutsche Naturforscherversammlung telegraphisch beglückwünscht worden ist. Die Grenzen unseres Sonnensystems wurden durch diese Entdeckung aufserordentlioh erweitert,

[1]) Bezüglich näherer Details über diese wissenschaftliche That verweisen wir auf die in dieser Zeitschrift Bd. II S. 107 und Bd. V S. 22 f. gebrachten Erörterungen.

und da Neptun bis auf den heutigen Tag noch der äufserste, bekannte Vasall unseres Zentralkörpers geblieben ist, so scheinen wir einigermafsen zu der Annahme berechtigt zu sein, dafs mit seiner Auffindung die wahre Ausdehnung unserer Planetenfamilie festgestellt worden ist.

F. Kbr.

Fluggeschwindigkeit einer Schwalbe. Im Verein mit einer Anzahl von Brieftauben liefs man im letzten Frühjahr auch eine in Antwerpen heimische, durch künstliche Färbung kenntlich gemachte Schwalbe in Compiègne aufsteigen. Dieselbe flog mit blitzartiger Schnelligkeit, ohne sich wie die Tauben zuerst unter unsicherem Hin- und Herfliegen zu orientieren, sofort in der zum Ziele führenden Richtung davon und erreichte nach einer Stunde und acht Minuten ihr 255 Kilometer entferntes Nest, während die Tauben erst 3 Stunden später am Ziele anlangten. Es ergiebt sich daraus für die Tauben eine Geschwindigkeit von 15 Meter, für die Schwalbe eine solche von 58 Meter in der Sekunde. Bei derartiger Geschwindigkeit würden die Schwalben zur Zurücklegung ihres jährlichen Zuges von Afrika bis in unsere Gegenden nicht länger als einen halben Tag gebrauchen, was übrigens auch mit den Erfahrungen der Beobachter der Zugvögel im Einklang ist. F. Kbr.

Die Ergebnisse von Nansens Nordpolfahrt.

Die Tageszeitungen haben so ausführlich über die Rückkehr des kühnen Eismeerfahrers berichtet, dafs wir der Aufgabe überhoben sind, hier auf die Details dieser merkwürdigsten aller Rundfahrten im nördlichen Eismeere um Spitzbergen und Franz-Josefeland herum näher einzugehen. Niemals vorher ist eine so hohe Breite von Menschen erreicht worden, bei der man dem Pole auf 416 km nahe war. Die Möglichkeit, dafs sich in der Nähe des arktischen Poles Land befinde, ist auf das minimalste Mafs von Wahrscheinlichkeit zusammengeschrumpft. Nichts als gewaltige Eismassen waren es, über die der Weg der einsamen Forscher sich hinzog. Dafs in der Nähe derjenigen Fahrt, welche der „Fram" einschlug, Land vorhanden sei, ist noch weniger wahrscheinlich, denn es wird durch die wichtigen Ergebnisse der Lotungen widerlegt, welche überall eine Tiefe von 3400 bis 4000 m ergaben, bis auf einige, die in der Nähe von Spitzbergen

vorgenommen wurden und auf Untiefen führten. Sodann ist der unwiderlegliche Beweis erbracht worden, dafs jene wohlthätige Trift, der Nansen sich anzuvertrauen unternahm, und die man bis dahin nur aus den merkwürdigen Reisen von Schiffsbruchstücken und Pflanzenresten kannte, in der That vorhanden war, dafs sie im Eismeere von Osten nach Westen führte, denn sie war es ja, welche den „Fram“ seinen eigentümlichen Weg machen liefs. Es entsteht die Frage, ob bei besserer Ausnutzung dieser Trift die Eroberung des Nordpols in das Bereich der Möglichkeit gerückt wird. Es ist nach den Erfahrungen der Nansenschen Expedition sehr wohl möglich, dafs die Trift sich über eine grofse Breite ausdehnt und dafs, wenn man sich ihr in einer gröfseren östlichen Länge überlassen hätte, als es geschah, das Schiff mindestens näher an dem Pol vorbeigetrieben wäre; aber es ist auch nicht ausgeschlossen, dafs die Reise eben dadurch eine bedeutende, vielleicht verhängnisvolle Verlängerung erfahren hätte. Es ist kaum wahrscheinlich, dafs man auf diesem Wege in der Polarforschung weiter zu kommen suchen wird. Man wird vielmehr mit Schlittenreisen von Franz-Josefsland aus eher zum Ziele gelangen. Hier wird man jetzt auch mit gröfserer Sicherheit als vordem ansetzen können, nachdem Nansen, wie es scheint, die Kenntnis des unwirtlichen Archipels gefördert und die ältere Payersche Karte verbessert hat, worüber allerdings erst genauere Mitteilungen abzuwarten sind, welche vorläufig von den Beteiligten mit peinlichster Strenge geheim gehalten werden. Es wird wohl wenig Neigung vorhanden sein, den jedenfalls sehr langweiligen Triftweg zu Schiffe einzuschlagen, obgleich für dieses selbst eine eigentliche Gefahr nicht vorliegt, denn der „Fram“ hat den Plan, den ihm Nansen gegeben hat, in ganz ausgezeichneter Weise gerechtfertigt, da er dem Andringen der gewaltigen Eismassen so vorzüglich Stand gehalten hat.

Nansen selbst, der den gewaltigen Strapazen seiner Fahrt und der Schlittenreise, bei der während der Zeit von drei Wochen das Thermometer den Stand von — 46° kaum verliefs, durch seine kräftige Natur und die Energie seiner Persönlichkeit zu trotzen gewufst hat, wird, das hoffen wir zuversichtlich, bei der weiteren Erforschung der arktischen, vielleicht auch der antarktischen Regionen, eine bedeutende Rolle spielen. Sm.

Bibliographisches.

Handwörterbuch der Astronomie, unter Mitwirkung verschiedener Gelehrten herausgegeben von Prof. Dr. W. Valentiner. Lieferung 1—6. Breslau, E. Trewendt. 1895/96.

Von diesem Werke, welches einen Teil der „Encyklopädie der Naturwissenschaften“ bildet, liegen uns derzeit die ersten sechs Lieferungen vor. Das Buch beginnt mit einer vortrefflichen „Allgemeinen Einleitung in die Astronomie“ von Herz, an welche sich alphabetisch die Specialkapitel der einzelnen Mitarbeiter, und zwar über Abendweite, Aberration, Äquatoreal, Alhidade, Almucantar, Altazimuth, Armille, Astrophotographie, Astrophotometrie, Astrospektroskopie, Aufgang, Azimuthbestimmung, Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, Bahnsucher, Biegung, Chronologie, Chronometer, Coordinaten, Deklinationsbestimmung, Diopter, Doppelsterne, Exzentrizität und das Fernrohr anreihen. Alle diese Beiträge sind von sachkundiger Seite vorzüglich bearbeitet. Das Werk giebt über diese Materien nicht etwa populär gehaltene Abrisse, wie wir gleich bemerken müssen, sondern steht auf einem ganz wesentlich höheren Standpunkte; es setzt Leser voraus, die in der Astronomie schon weiter orientiert und vor allem mathematisch gebildet sind. Bei den einzelnen Abschnitten ist der Gedanke festgehalten, die Hauptsache des betreffenden Gegenstandes, sei es durch Beschreibung der Instrumente und Arbeitsmethoden oder durch die mathematische Darstellung, bei Vermeidung allzu grofsen Details, klarzulegen; daran reiht sich eine Übersicht der bisherigen Forschungsresultate auf dem entsprechenden Gebiete. Eine Litteratur der Hauptwerke, behufs weiterer Instruktion für den Leser ist den gröfseren Kapiteln angehängt; Rechnungsbeispiele zur Erläuterung der Methoden sind dort, wo es not thut, z. B. bei der Bahnbestimmung oder bei den einzelnen Aufgaben der sphärischen Astronomie, beigegeben. Trotz der knappen Fassung bieten die einzelnen Abschnitte durch ein reiches Material die Möglichkeit einer sachgemäfsen Orientierung. So enthält z. B. der Abschnitt über Astrophotographie, von dem verdienstvollen Astrophysiker N. v. Konkoly, nicht nur die Beschreibung der für die verschiedenen Zweige der Himmelsphotographie konstruierten Instrumente, sondern erklärt auch die Ausmessung der aufgenommenen astronomischen Objekte, der Sonnenbilder, Sternpositionen und Spektrogramme, und giebt aufserdem eine genaue Ableitung der Rechnungsvorschriften zur Reduktion der ausgemessenen Photogramme. Was befremdend an dem Werke ist, und was sicher Vielen auffallen mufs, ist die Unschönheit der Illustrationen. Ein Buch von dem Range wie das vorliegende, wo die Mitarbeiter ihr Bestes gethan haben, hätte wohl auch in Beziehung auf die Bilder besser behandelt werden sollen. G.

Sigm. Günther: Kepler, Galilei. (22. Bd. der Biographien-Sammlung „Geisteshelden", herausgegeben von A. Bettelheim.) Berlin, E. Hofmann & Co. 1896.

Die beiden Biographien Keplers und Galileis sind von kundiger Hand, und zwar in der Darstellung auch für weitere gebildete Kreise verständlich, bearbeitet. Den Auseinandersetzungen der wissenschaftlichen Bedeutung der beiden berühmten Männer geht eine Schilderung ihres Entwickelungsganges, ihres Lebenslaufes und ihrer Schicksale voran. Bei Kepler werden nicht nur dessen grofse, grundlegende Verdienste um die Astronomie erklärt, sondern auch seine, zum Teil sehr merkwürdigen Ansichten über physikalische Gegenstände erwähnt; die Erwägung seiner Bedeutung als Mathematiker ist nicht vergessen. In der Galilei-Biographie nimmt selbstverständlich eine eingehende Darstellung des Inquisitionsprozesses den meisten Raum ein. Neben den Leistungen Galileis als Astronom erfahren auch seine Arbeiten auf dem Gebiete der Mechanik und Physik ihre Würdigung. Eine Reihe von angehängten Anmerkungen führt den Leser auf die spezielle Litteratur und auf die näheren historischen Angaben. G.

A. v. Schweiger-Lerchenfeld: Die Donau als Völkerweg, Schiffahrtsstrasse und Reiseroute. 30 Lieferungen. A. Hartleben, Wien 1896.

Da das vorliegende Werk nicht eine blofse Schilderung der Länder vorstellt, welche der Donaustrom durcheilt, sondern auf eine ganze Reihe von Dingen eingeht, die zum Teil technischer, zum Teil wissenschaftlicher Natur sind, wie die Gestaltungsart des Stromlaufes, die Wasserstandsverhältnisse, die Geologie des ganzen Flufsgebietes, so bietet das Buch auch ein über den Rahmen ähnlicher, sonst meist durch Illustrationen wirkender Unternehmen, hinausgehendes Interesse. Namentlich dürften für weiteste Kreise des Publikums die Abschnitte über die Donauregulierungsarbeiten in Niederösterreich, Ungarn, an der rumänischen Grenze und im Donaudelta, sowie über die Verkehrsmittel auf der Donau, interessant sein. Das Werk ist mit mehreren hundert, und meist guten Illustrationen sowie mit Karten ausgestattet. G.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.

Langkofel.

Plattkofel,
rechts die Böschungsfläche eines triadischen Dolomitriffes.



Die Langkofelgruppe ober der Seifser-Alp. Nach einer Photographie von Sella.

Die Dolomitriffe im Hintergrunde sind gleich alt wie die Tuffe, welche die Seifser-Alp (im Vordergrunde) zusammensetzen.

Himmel und Erde

Die Bewegungen unserer Erdrinde und ihre Messung.

Von Dr. Hecker, Potsdam.

Man betrachtet es im allgemeinen als Erfahrungsthatsache, dafs der Boden unter unseren Füfsen fest und unbeweglich ist und dafs sich unsere Erde in einem monotonen Gleichgewichts- und Ruhezustande befindet, der nur gelegentlich durch den Eintritt eines Erdbebens gestört wird. Doch zeigen gewisse äufserst empfindliche Instrumente, welche die Wissenschaft unterstützt von der modernen Präcisionstechnik geschaffen hat, dafs die Erdkruste doch nicht bewegungslos ist, sondern dafs durch die Einwirkung verschiedener Kräfte eigentümliche Bewegungen, gewissermafsen Zuckungen des Riesenleibes unserer Erde hervorgerufen werden, die viel zu klein sind, als dafs sie von unserem für solche Wahrnehmungen zu wenig entwickelten Gefühl bemerkt werden könnten. Das Studium dieser Bewegungen und in gewisser Hinsicht auch das der Erdbeben befindet sich jedoch noch im Anfangsstadium. Die Seismologie, die Lehre von den Bewegungen der Erdkruste, ist eine der jüngsten Wissenschaften, hat aber nichtsdestoweniger schon eine Reihe von wichtigen Resultaten aufzuweisen; besonders hat sie sich entwickelt, seitdem man angefangen hat, die Gröfse der Bodenbewegung in den Bereich der Messung zu ziehen.

Die wichtigste Art der Bewegung der Erdoberfläche ist das Erdbeben, das schon wegen seiner zerstörenden, verderbenbringenden Folgen unser Interesse beansprucht.

Je nach der Ursache ihres Entstehens können wir die Erdbeben in verschiedene, in ihren Ursachen von einander getrennte Arten zerlegen. Hoernes unterscheidet drei Arten und zwar:

1. Einsturzbeben. Sie entstehen durch das Einstürzen unterirdischer Höhlungen. Wo Kalkstein, Gyps oder Steinsalz lagern, welche durch das durchsickernde, stets Spuren von Säuren enthaltende Regenwasser ausgelaugt und ausgewaschen werden, ist die Bildung unterirdischer Hohlräume möglich, die in den meisten Fällen wohl durch stetiges Nachsinken des Hangenden ausgefüllt werden, oft aber auch gigantische Dimensionen annehmen. Durch das Einstürzen der Decken dieser Höhlen entstehen Erderschütterungen, die zwar oft den betroffenen Gebieten unheilbringend werden, aber doch nur einen rein lokalen Charakter tragen.

Wie erheblich die erodierende Thätigkeit des Wassers ist, zeigt eine Untersuchung von G. Bischof. Dieser fand, dafs das Wasser eines kleinen westfälischen Flüfschens, der Pader, $^1/_{3959}$ seines Gewichtes kohlensauren Kalk enthält. Da die Pader in der Minute 1074450 Pfund Wasser weiter führt, worin 271,4 Pfund kohlensaurer Kalk enthalten sind, so entzieht der Flufs somit dem Gebirge in einem Jahre einen Würfel von nahe 93 Fufs Seite. Dafs hierdurch partielle Verrückungen der Schichten und mitunter Einstürze von Höhlungen entstehen müssen, liegt auf der Hand. Am häufigsten finden wir Einsturzbeben im Karstgebirge, das vollständig unterminiert zu sein scheint und in dem wir auf Schritt und Tritt Einsturzkesseln (Dolinen) von oft gewaltiger Gröfse begegnen.

2. Vulkanische Beben. Auch diese sind trotz der furchtbaren Verheerungen, welche sie oft anrichten, lokaler Natur. Sie werden durch die explosionsartigen Stöfse und Sprengungen verursacht, welche die aus dem Krater entweichenden überhitzten Wasserdämpfe und Gase in seinem Innern erzeugen, sind aber nur in der Umgebung vulkanischer Essen wahrnehmbar. Ihre Stärke wächst und nimmt ab mit der Heftigkeit der vulkanischen Eruptionen und pflegt nach Auslösung der Spannungen und dem Beginn des Lavaergusses sehr nachzulassen.

3. Tektonische Erdbeben oder, wie sie Toula nennt, Dislocationserdbeben. Wie wir wissen, tritt durch die allmähliche Abkühlung der Erde eine Volumenverminderung derselben ein. Die Folge davon ist, dafs sich die oberen Erdschichten zusammenschieben und in Falten legen, ähnlich wie ein Apfel durch Eintrocknen Runzeln bekommt. Diese Faltenbildung giebt nun zu Erdbeben Veranlassung, die zu den furchtbarsten und ausgedehntesten gehören. Manche senden ihre Wellen über die ganze Erde. Hat man doch bei einer Reihe japanischer Erdbeben, die zum grofsen Teil als tektonische zu

betrachten sind, genau die Zeit ihrer Fortpflanzung bis zu uns bestimmen können. Tektonische Erdbeben sind übrigens an ganz bestimmte Gegenden gebunden. Sie treten nämlich überall da auf, wo sich geologisch junge Gebirge finden, bei denen der Prozefs der Faltung noch im Fortschreiten begriffen ist.

Wir wollen nun etwas näher die Fortpflanzung der Erdbebenwellen und ihre Geschwindigkeit betrachten, welche in den letzten Jahren von verschiedenen Forschern, besonders von v. Rebeur-Paschwitz, Milne und A. Schmidt zum Gegenstand genauerer Untersuchungen gemacht sind.

Die Erdbebenwellen sind wie jede Art von Wellenbewegung dem aus der Optik bekannten Snelliusschen Brechungsgesetz unterworfen, sie sind in der Richtung und Geschwindigkeit ihrer Fortpflanzung von der Elastizität und Dichtigkeit des Mediums, in dem sie sich bewegen, abhängig. Die Geschwindigkeit c wird durch das einfache Gesetz bestimmt $c = \sqrt{\frac{e}{d}}$, wo e die Elastizität, d die Dichte bedeutet. Ist das Medium, hier die Erde, homogen, d. h. herrscht überall gleiche Elastizität und Dichte, so wird die Ausbreitung der Energie vom Erdbebenzentrum aus nach allen Seiten geradlinig erfolgen und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit wird überall die gleiche sein. Dieses ist die Voraussetzung, die Hopkins bei der Herleitung seines früher allgemein angenommenen Gesetzes über die Gröfse der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen an der Erdoberfläche macht.

A. Schmidt zeigte, dafs eine solche Voraussetzung zu weit gehe. Wie er sagt, ist die Ausbreitung der Energie im Innern der Erdkruste wegen des Wechsels der Mineralien, der Mannigfaltigkeit der Schichtungen eine höchst verschiedene und unregelmäfsige, jedoch wird sich im allgemeinen eine durch kleine Störungen unterbrochene Regelmäfsigkeit in der Ausbreitung der Gesamtwelle zeigen. Diese Gesamtwelle schreitet aber nicht nach allen Richtungen geradlinig und mit gleicher Geschwindigkeit fort, weil sich mit der Tiefe unter der Erdoberfläche die Bedingungen, hier also Elastizität und Dichte, ändern, von denen Richtung und Geschwindigkeit der Fortpflanzung abhängen. Dafs die Dichte mit der Tiefe zunimmt, können wir rechnungsmäfsig nachweisen, dafs aber auch die Elastizität nicht die gleiche wie an der Erdoberfläche sein kann, können wir mit Sicherheit annehmen. Schmidt äufsert in dieser Hinsicht: „Wer wollte behaupten, dafs ein Gestein in der Tiefe unter dem Drucke vieler

hundert Atmosphären denselben Elastizitätsfaktor habe, als an der Erdoberfläche?"

Nach Schmidt haben wir uns die Fortpflanzung der Erdbebenwelle in folgender Weise vorzustellen:

„Denken wir uns von einem Zentrum in der Tiefe eine Welle allseitig sich ausbreitend, so wird sie von Minute zu Minute gröfsere Flächen bilden. Eine durch das Zentrum gelegte Vertikalebene schneidet alle diese aufeinanderfolgenden homoseistischen Flächen und schneidet auch die Erdoberfläche, letztere, wie wir annehmen wollen, in einer geraden Linie. Fig. 1 giebt dann in ihrem unteren Teil ein Bild der aufeinanderfolgenden Lagen der homoseistischen Flächen von Minute zu Minute." Die einzelnen homoseistischen Linien sind exzentrisch. Nach oben hin rücken sie immer näher zusammen, da die Elastizität nach der Erdoberfläche hin in stärkerem Mafse zunimmt als die Dichte und sich also die Geschwindigkeit, mit der die Energie sich ausbreitet, vermindert. Unterhalb des Zentrums wird die Elastizität rascher wachsen als die Dichte, und somit die Geschwindigkeit der Fortpflanzung der Erdbebenwelle sich vergröfsern. Damit nun die Stofsstrahlen zu den Wellenflächen senkrecht bleiben und zu denselben ein System orthogonaler Trajektorien bilden, müssen sie nach unten viel rascher divergieren als nach oben; sie werden also nach unten konvex werden. Die Vorstellung, dafs die Strahlen, in denen sich die Bewegung fortpflanzt, krumme Linien werden, hat nichts Absonderliches, denn wir finden zum Beispiel das Gleiche in der astronomischen Strahlenbrechung, welche uns lehrt, dafs das Licht aller Sterne, die nicht im Zenith stehen, auf einem gekrümmten Wege zu uns gelangt.

Fig. 1, welche der Schmidtschen Abhandlung entnommen ist, entspricht einer Zunahme der Geschwindigkeit proportional der Tiefe. Es werden dadurch die Wellenflächen zu exzentrischen Kugelflächen und die Strahlen zu Kreisen. Jedoch bleibt bei Annahme eines anderen Gesetzes der allgemeine Charakter der Figur erhalten.

Die Stücke an der Erdoberfläche zwischen den einzelnen Homoseisten geben jedes ein Mafs für den Weg, um welchen die Welle von Minute zu Minute fortzuschreiten scheint; in Wirklichkeit treffen ja die Wellen schief von unten her in der Richtung der Stofslinien die Erdoberfläche. Errichtet man nun in den Schnittpunkten der homoseistischen Linien mit der Erdoberfläche Lote, trägt auf diese vom Epizentrum aus der Reihe nach als Mafs der Zeit die Längen

0, 1, 2, 3 . . . auf und verbindet die Endpunkte durch eine Kurve, so giebt uns die Gröfse der Steigung derselben Aufschlufs über die Geschwindigkeitsverhältnisse an der Erdoberfläche. Die Kurve ist zunächst nach unten hin konvex, geht dann aber in einem Wendepunkte von der konvexen in die konkave Form über. Schmidt erklärt dieses mit den folgenden Worten: „Das ganze Erschütterungsgebiet an der Erdoberfläche zerfällt in zwei Zonen, einen inneren Kreis, für

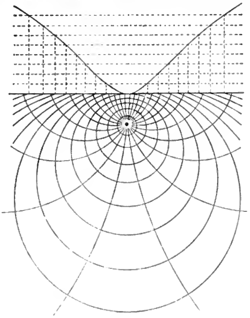


Fig. 1.

welchen die scheinbare Geschwindigkeit v vom Epizentrum aus abnimmt, und einen äufseren Ring, für welchen v nach aufsen hin wächst ins Unbegrenzte, zugleich freilich die Intensität ins Unmerkliche abnimmt. Der innere Kreis ist das Gebiet der direkten Stofsstrahlen, der äufsere Hof ist das Gebiet der durch Refraktion aus der Tiefe zurückkehrenden Erdbebenenergie. Die kleinste Geschwindigkeit v, welche an der Grenze zwischen beiden Zonen stattfindet, ist ein Mafs für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen in der dunklen Tiefe des Zentrums." Unter den durch Refraktion zu-

rückkehrenden Strahlen versteht Schmidt hier diejenigen, deren ursprüngliche Richtung unterhalb einer durch das Stofszentrum gedachten Horizontalebene in die Tiefe hinabgeht.

Die Schmidtsche Hypothese entspricht recht gut den Beobachtungen. v. Rebeur-Paschwitz nennt sie die einzig annehmbare Erklärung der Zunahme der Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit der Entfernung. Er leitet aus seinen Beobachtungen die folgenden ungefähren Geschwindigkeiten ab:

Bei 7—10000	km Entfernung	6	km	Geschwindigkeit	pro	Sekunde,
4800	„ „	5	„	„	„	„
1000	„ „	3,6	„	„	„	„

Wie man sieht, sind die Geschwindigkeitsdifferenzen sehr erheblich.

Man kann nun fragen, ob es denn so wichtig ist, die Fortpflanzung der Erdbebenwellen genau zu studieren. Es ist in der That schon aus dem Grunde von grofser Bedeutung, weil uns dadurch die Möglichkeit geboten wird, den Elastizitätsmodul der Erde in verschiedenen Tiefen annähernd zu bestimmen. Das Erdinnere wird uns ja immer unzugänglich bleiben, denn auch die tiefsten Bohrlöcher bedeuten nichts als einen Stich von 1 mm Tiefe in eine Kugel von 6,5 m Durchmesser; wir müssen daher um so mehr Methoden suchen und ausbilden, die geeignet sind, unsere Erkenntnis in dieser Hinsicht zu erweitern.

Wir kommen nun zu anderen Arten der Bewegung der Erdoberfläche, nämlich den mikroseismischen. Der Name ist nicht glücklich gewählt, denn an sich hängen dieselben nicht mit wirklich seismischen Vorgängen zusammen, sondern sie werden sehr wahrscheinlich nur durch meteorologische Einflüsse hervorgerufen. v. Rebeur-Paschwitz kennzeichnet sie als „horizontal gerichtete Oszillationen des Bodens“, die wesentlich von der Windstärke abhängen. Mikroseismische Bewegungen treten nicht in allen Jahreszeiten gleich stark auf, sie sind im Winter stärker als im Sommer und haben aufserdem eine tägliche Periode, deren Maximum in die ersten Nachmittagsstunden fällt.

Eine besondere Art von mikroseismischer Bewegung sind die Erdpulsationen, wie sie Milne bezeichnet hat, sehr lange, flache Wellen, welche über die Erdoberfläche hineilen wie die Dünung über den Ozean. Sie unterscheiden sich von der gewöhnlichen Art mikroseismischer Bewegung hauptsächlich durch ihre grofse Regelmäfsigkeit. Ihre Periode ist sehr verschieden, Milne hat solche von 3—5 Sekunden und solche von mehreren Minuten Dauer beobachtet;

v. Rebeur-Paschwitz findet als durchschnittliche Dauer der am besten ausgeprägten Pulsationen 2—3 Minuten.

Die von Milne in Japan gemachten Beobachtungen mikroseismischer Bewegung lassen sich gut durch den Einflufs steiler barometrischer Gradienten und starker Winde, die in einer Entfernung bis 300 km vom Beobachtungsort wehen, erklären. Etwas Ähnliches findet v. Rebeur-Paschwitz für die Beobachtungen in Strafsburg. Die beiden angegebenen meteorologischen Faktoren scheinen hier wohl mit der allgemeinen Bodenunruhe in Zusammenhang zu stehen, nicht aber mit den Erdpulsationen. In Betreff der letzteren hält er für wahrscheinlich, „dafs aufser plötzlichen, starken Änderungen des Luftdruckes die Wanderung der Maxima und Minima infolge der durch sie verursachten Änderungen der Spannung der Erdoberfläche besonders günstige Bedingungen für ihr Auftreten sind“.

Dafs thatsächlich eine Änderung des Luftdruckes erhebliche Wirkungen auf die Erdoberfläche ausüben mufs, leuchtet sofort ein, wenn man bedenkt, dafs einem Steigen des Barometers um 1 mm eine Vermehrung des Druckes der Atmosphäre auf die Erdoberfläche von 140000000 kg pro Quadratkilometer entspricht. Nun sind aber in Europa Luftdruckdifferenzen von 20—30 mm nichts Seltenes, und wir haben somit Druckdifferenzen von mehreren Milliarden Kilogramm pro Quadratkilometer, die jedenfalls Deformationen der Erdoberfläche und infolge dessen Erzitterungen des Bodens veranlassen müssen. Darwin hat diese Deformationen genauer studiert und findet, dafs eine Erhöhung des Luftdruckes von 30 mm über einem Kontinente denselben um 60—90 mm herunterdrückt.

Übrigens ist die Wellenhöhe, d. h. der Unterschied zwischen Wellenberg und Wellenthal bei den Erdpulsationen sehr gering. v. Rebeur-Paschwitz berechnet dieselbe unter der Annahme, dafs die Geschwindigkeit ihrer Fortpflanzung gleich der der Erdbebenwellen ist, zu ungefähr 16 mm und ihre Länge zu rund 500 km.

Um alle diese verschiedenen Wellenbewegungen zu messen, besitzen wir eine Reihe von Instrumenten, deren Empfindlichkeit und Stabilität sehr variiert. Die wichtigsten sind die langen Pendel, wie sie besonders in Italien viel angewendet werden, Bleischeiben von 100 bis 200 kg Gewicht an Stahldrähten von 6—16 m Länge aufgehängt und unten mit einem Hebelwerk versehen, welches die Bewegung des Pendels ungefähr zehnmal vergröfsert, auf einem sich bewegenden Papierstreifen aufzeichnet, und das Horizontalpendel, dem wohl wegen seiner aufserordentlichen Empfindlichkeit und verhältnismäfsig

einfachen Aufstellung die Zukunft gehören wird. Das letztere wollen wir etwas näher betrachten.

Stechen wir in das eine Ende eines Stabes, eines Bleistiftes etwa, an zwei gegenüberliegenden Stellen je eine Nadel ein, die in derselben Geraden liegen, so pendelt der Bleistift in horizontaler Lage dieser als Rotationsachse dienenden Nadeln, wie das allgemein bekannte gewöhnliche Pendel. Bringen wir aber die Nadeln allmählich in eine nahezu senkrechte Lage, so verlangsamen sich die Pendelschwingungen und hören bei völlig senkrechter Stellung ganz auf.

Jetzt bemerken wir aber, daſs schon die geringste Neigungsänderung der Achse senkrecht zur Ebene unseres Pendels die Lage des letzteren in azimutalem Sinne ändert, daſs dagegen Neigungsänderungen der Achse in der Ebene des Pendels nur die Schwingungsdauer verändern. Wollen wir also Neigungsänderungen nach allen Seiten hin und nicht nur in einer Richtung bestimmen, so müssen wir zwei Pendel anwenden, die in 90° von einander verschiedenen Ebenen schwingen.

Auf diesem Prinzip beruht das Horizontalpendel, welches im Gegensatz zu dem Vertikalpendel nicht die Gröſse der Schwerkraft, sondern Änderungen in ihrer Richtung, Neigungsänderungen im allgemeinen zu messen gestattet.

Es hat langer Zeit bedurft, ehe das Horizontalpendel seine jetzige Vollkommenheit erhalten hat. Speziell die Aufhängung des Pendels bereitete die gröſsten Schwierigkeiten, denn die Haupterfordernisse, leichte Beweglichkeit und Konstanz, lieſsen sich schwer vereinigen. Man versuchte die verschiedenartigsten Aufhängungen, an feinen Metalldrähten, an dünnen Uhrfedern etc., aber die wechselnde Torsion und Spannung der Drähte infolge von Temperatureinflüssen machten die Stabilität unmöglich.

Erst die Aufhängung auf sehr feinen Spitzen, welche v. Rebeur-Paschwitz einführte, bedeutete einen wichtigen Schritt zur Vervollkommnung des Horizontalpendels. v. Rebeur-Paschwitz kann überhaupt als Schöpfer des modernen Horizontalpendels betrachtet werden. Die letzte Konstruktion, welche er angeregt und Stückrath ausgeführt hat, entspricht in besonders hohem Maſse den Anforderungen, denen ein so subtiles Instrument genügen muſs.

Fig. 2 giebt uns eine Gesamtansicht, Fig. 3 einen Durchschnitt in der Ebene eines Pendels. Auf einer schweren, eisernen, mit Fuſsschrauben versehenen Platte sind zwei Pendel senkrecht zu einander montiert, deren Aluminiumkörper in der Form gleichschenkliger, durchbrochener Dreiecke konstruiert sind, wie Fig. 3 zeigt.

Die planen Lagerflächen, mit denen die Pendel auf den Spitzen ruhen, sind aus Achat hergestellt und am Pendelkörper korrigierbar befestigt. Die Spitzen für die Aufhängung der Pendel sind in eigenartiger Weise auf der Fufsplatte montiert, die wir nachher genauer betrachten wollen. Damit die Pendel nicht von den Spitzen abgleiten und trotzdem eine möglichst freie Beweglichkeit, die Hauptbedingung für die Konstruktion des Horizontalpendels, erzielt wird, müssen die letzteren in ihrer Richtung bestimmten Bedingungen entsprechen.

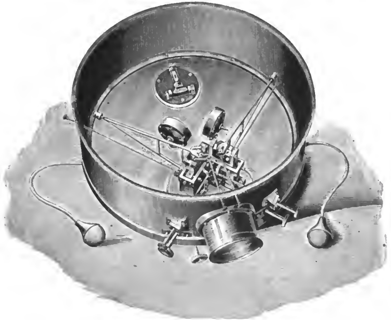


Fig. 2.

Die Spitzen müssen nämlich so gestellt sein, dafs der Zug, den die Attraktion auf den Schwerpunkt eines Pendels ausübt, in zwei Druckkomponenten normal zu den Lagern zerlegt wird. Es giebt viele mehr oder weniger praktische Lösungen für die Aufgabe; Stückrath hat die aus der Fig. 3 zu ersehende gewählt. Er stellt die untere Spitze horizontal und bringt die obere in die Richtung, die durch den Schnittpunkt des Lotes vom Schwerpunkt o und der Horizontalen durch die untere Spitze geht. Das Gewicht des Pendels

wird durch diese Anordnung aufgehoben durch den senkrechten Gegendruck auf die beiden Spitzen. Da der Druck, wie bemerkt, senkrecht ist, so ist keine Tendenz zum Gleiten des Pendels vorhanden.

In eigenartiger Weise hat Stückrath die Absicht erreicht, die Pendel wieder in die ursprüngliche Ebene, in der sie schwingen sollen, zu bringen, wenn sie sich daraus verschoben haben. Bei geeigneter Aufstellung des Instrumentes ist eine solche Korrektion allerdings nicht häufig notwendig. Man könnte dieses ja in sehr einfacher Weise durch Korrektion an den Fufsschrauben bewirken. Aber abgesehen davon, dafs hierdurch sofort beide Pendel in ihrer Lage verändert würden, so würden die Spannungsänderungen und elastischen Nachwirkungen, die bei jeder Schraubenbewegung entstehen und nicht zu vermeiden sind, von störendem Einflufs sein; es handelt sich hier ja um Hundertel von Bogensekunden. Stückrath montiert die untere horizontale Spitze auf einem Konus H, der durch die Eisenplatte geht und unten ein Schneckenrad trägt. Eine in dieses eingreifende, sehr feine Schraube ohne Ende erlaubt, den Konus sehr langsam um seine Achse zu drehen. Wird die Spitze nun so gestellt, dafs sie sich sehr nahe in der Verlängerung der Achse befindet, so wird durch die Drehung des Konus die Spitze nur ganz minimal senkrecht zur Ebene des Pendels verschoben und dadurch die Gleichgewichtslage des Pendels geändert. Auf diese Weise kann das Pendel leicht und sicher in die gewünschte Lage zurückgebracht werden. Die elastische Nachwirkung, die infolge der Drehung des Konus durch die Schraube eintreten kann, hat jedenfalls einen geringeren Einflufs auf die Lage des Pendels, als die durch Drehung an den Fufsschrauben hervorgerufene. Häufig braucht man auch diese Korrektion nicht anzuwenden, da eine andere Einrichtung, welche den grofsen Vorzug hat, Pendelstativ und Aufhängung intakt zu lassen, kleinere Änderungen auszugleichen erlaubt, wie wir später sehen werden.

Die Beobachtung der Pendelbewegung geschieht durch photographische Registrierung. Fig. 4 zeigt uns die hierfür getroffene Einrichtung. Der schwere Kupferzylinder, welcher auf der Fufsplatte angeschraubt ist, um das Instrument vor strahlender Wärme zu schützen, und der zur Verhütung von Luftströmungen oben mit einer Glasplatte geschlossen wird, ist an einer Stelle kreisförmig durchbrochen. Ein in diese Öffnung eingesetztes Rohr trägt eine Linse Y von 3 m Brennweite.

N und N′ sind Planspiegel, welche an den Pendeln 45° gegen ihre Ebene geneigt angebracht sind, P und P′ rechtwinklige Prismen,

N″ ein etwas tiefer stehender, fester Spiegel. Von einer Lampe Q fällt durch einen schmalen Spalt, der sich im Brennpunkt der Linse Y befindet, ein Lichtbündel auf die Linse, welches von den beiden Prismen auf die Pendelspiegel geworfen, von diesen reflektiert rückwärts nochmals Prismen und Linse passiert und dann von einer Zylinderlinse Z zu einem feinen Punkte zusammengezogen auf, die mit photographischem Papier bespannte Trommel T fällt. Ebenso werden die auf den festen Spiegel auffallenden Lichtstrahlen auf der

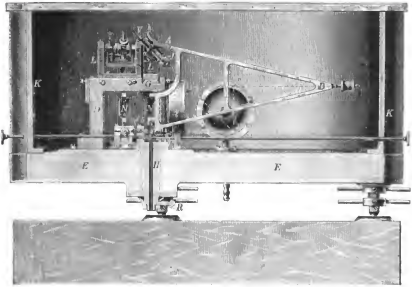


Fig. 3.

Trommel zu einem Punkte vereinigt. Die Trommel besitzt einen Durchmesser von 18 cm und wird durch ein Uhrwerk in 24 Stundeu einmal umgedreht. Beim Schwingen der Pendel bewegen sich die Lichtpunkte hin und her und müssen also Kurven auf dem photographischen Papier erzeugen. Die vom festen Spiegel kommenden Lichtstrahlen geben dagegen eine gerade Linie, die im Anfang jeder Stunde durch einen herabfallenden Schirm w, welcher den Spiegel auf 2 Minuten abblendet, unterbrochen wird. Verschiebt sich nun einer der Lichtpunkte zu weit an den Rand des Papiers, so ist er in sehr einfacher Weise wieder auf die gewünschte Stelle zu bringen. Die

reflektierenden Prismen besitzen nämlich horizontale und vertikale Feinbewegung und gestatten ohne irgend welche Beeinflussung der Pendelaufhängung eine sehr feine Regulierung der Lage der Lichtpunkte.

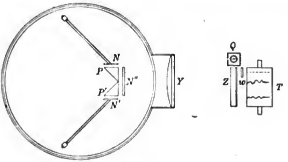


Fig. 4.

Es erübrigt nun noch zu bemerken, dafs der Apparat aufser den beschriebenen noch eine Reihe anderer Einrichtungen und Korrektionen für die erste Aufstellung und Justierung besitzt; so werden z. B. die Pendel nicht aus freier Hand auf die Spitzen gehängt, wo-

Pendelrichtung SO.

Pendelrichtung NO.

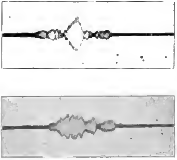


Fig. 5.

durch dieselben unbedingt abstumpfen müfsten, sondern man hängt sie auf Arretierungshülsen, die sich über die Spitzen schieben, und läfst sie dann durch Mikrometerschrauben herunter. Wir wollen jedoch auf diese Einrichtungen nicht näher eingehen.

Im folgenden sind einige typische Kurven für die verschiedenen Bodenbewegungen gegeben.

Fig. 5: Erdbeben in Laibach in der Nacht vom 17.—18. Mai 1896 beobachtet an dem oben beschriebenen Horizontalpendel. Dasselbe war nur provisorisch aufgestellt und justiert; die Kurven sind deswegen nicht ganz scharf. Die beiden Pendel waren nach SO resp. NO gerichtet.

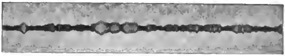


Fig. 6.

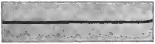


Fig. 7.

Eine Ordinatenänderung von 1 mm entspricht einer Neigungs änderung von 0,03 Bogensekunden. Fortbewegung des photographischen Papiers 22 mm in der Stunde.

Fig. 6: Mikroseismische Bodenunruhe 16. Mai 1896, beobachtet in Potsdam an demselben Apparat. Empfindlichkeit dieselbe.

Fig. 7: Erdpulsationen, 22. Mai 1892 beobachtet von v. Rebeur-Paschwitz in Potsdam an einem älteren Repsoldschen Horizontalpendel. Periode der Erdpulsationen 2 $^1/_4$ Minute. Empfindlichkeit 1 mm Ordinatenänderung = 0,06 Bogensek. Neigungsänderung. Fortbewegung des photogr. Papiers 11 mm in der Stunde.

Der Kältepol in Werchojansk (Sibirien) und die solare Theorie.

Von Dr. **W. Zenker** in Berlin.

Unter allen Schrecknissen sibirischer Kälte erreicht doch, soweit bekannt, keine die Höhe wie das Klima von Werchojansk einem Städtchen im östlichsten Sibirien, welches im Thale der Jana gelegen, von einer aus Tungusen, Jakuten, Jukagiren und Korjäken bestehenden ca. 200 Seelen starken Bevölkerung bewohnt wird. Nicht, dafs es der nördlichste Punkt des kalten Landes wäre; dies reicht vielmehr noch ungefähr um 10^0 Breite weiter gegen den Nordpol hin; aber selbst in seinem nördlichsten Punkte, dem Kap Tscheliuskin in mehr als $77\frac{1}{2}{}^0$ nördl. Br. bleibt der Winter doch immer noch 20—30^0 C. milder als in Werchojansk. Ich lasse hier kurz die Temperaturen (t_1) der einzelnen Monate in Centigraden folgen, wie man sie bisher im Durchschnitt gefunden hat.

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
—51,1	—45,8	—33,3	—13,6	2,0	12,6	15,6	10,2	2,6	—14,8	—39,8	—48,0

Es ist eine kurze Tabelle; um sie aber voll zu verstehen, mufs man versuchen, sich die einzelnen Temperaturen vorzustellen. Dann wird man erschrecken, schon in den Grenzmonaten der negativen Temperaturangaben Kältegrade zu finden, die bei uns bereits zum Äufsersten gehören, was man ertragen mag. Nun stelle man sich den Übergang von der Temperatur des Oktober zu der des November vor, nicht für einige Tage, sondern für den ganzen Monatsdurchschnitt und so weiter von Monat zu Monat — und man wird annähernd begreifen, welche Aufgabe diejenigen Personen übernehmen, die sich zur Beobachtung der Instrumente aus Europa auf lange und kalte Jahre dahin schicken lassen. Vor mir liegt der Band vom Jahre 1886 mit zwei europäischen Namen als Beobachter und einer Minimumtemperatur im Januar von — $66,5^0$ C. Es ist ein Prüfstein, was die menschliche Natur ertragen kann.

Und dennoch weifs sich der Mensch mit diesem Klima zu befreunden. Selbst Europäer, welche einige Jahre lang in demselben gelebt haben, sehnen sich und kehren häufig dahin zurück. Derselbe Reisende, dem ich dies nacherzähle,[1]) sagt über die starke Kälte: „Und was bedeutet denn doch dieser berüchtigte sibirische Frost gegen den europäischen! Die Luft ist bei stärkeren Kältegraden fast ausnahmslos ganz still, der Himmel vollständig klar, die Sonne wirkt so stark, dafs oft bei — 25° C. das Wasser von den Dächern tropft und es dem Spaziergänger — selbstverständlich im Pelze, den auch der ärmste Bettler besitzt — fast zu warm wird. Wie anders ist das in Europa, wo der schneidende Nordwind bei viel geringeren Kältegraden oft die wärmsten Pelze durchdringt und es Niemand einfällt, unter — 25° C. ohne triftigen Grund die Winterluft zu geniefsen. Ein grofser Vorzug ist die Trockenheit des Klimas, welche der Gesundheit vorzüglich zusagt. Lungenkrankheiten sind in Sibirien unbekannt; hierhergekommene Lungenkranke finden häufig Heilung, mindestens Linderung ihres Leidens."

„Und nun die Vegetation, welche den sibirischen Sommer mit ihren reichsten Gaben schmückt; denn es ist wahr, was der Sibirier mit Stolz behauptet, dafs sein Land im Sommer einem blühenden Garten gleicht."

Dies bezieht sich allerdings direkt auf die 5° Br. südlicher als Werchojansk gelegene Station Jakutsk; indessen ist der Unterschied kein grofser. Aus demselben Orte schreibt seinerzeit der Berliner Professor A. Erman: „In Europa mag es noch auffallen, dafs man hier nie von jenen hohen Graden der Kälte als von einer Beschwerde sprechen hört, aber nach einer Winterreise durch Sibirien befremdet dies nicht. Wenn man ostjäkische Pelze trägt, werden Nächte, in denen das Quecksilber gefriert, in offenen Schlitten verschlafen, und man liegt mit solcher Kleidung ohne Unbequemlichkeit bei — 35° C. unter einem dünnen Zelte auf dem Schnee."

„Ein ausgezeichnet warmer Sommer schliefst sich in Jakutsk an die furchtbar kalte Jahreszeit an und während dieser Zeit wird das Pflanzenleben begünstigt durch stetige und bis aufs Höchste gesteigerte Wärme."

So vermag also die menschliche Natur, wie die tierische und pflanzliche, sich in hohem Mafse den Bedingungen des Klimas anzupassen. Uns aber kommt es darauf an, nachzuweisen, wie diese in

[1]) Ferd. Müller, Unter Tungusen und Jakuten, 1882.

den physikalischen Vorgängen begründet sind, hauptsächlich der Sonnenstrahlung, mit deren Wirkung sich aber auch diejenigen der Luftbewegung verbinden. Ja, es zeigt sich die merkwürdige Thatsache, daſs die letzteren von Europa ausgehen und über das weite Gebiet von Sibirien hin ihren wärmenden Einfluſs ausüben."

Die wichtigste klimabildende Macht ist die Sonnenstrahlung und ihr gegenüber die Ausstrahlung der vom Erdboden aufgenommenen Wärme in den fernen Weltraum. Das gegenseitige Verhältnis dieser beiden Wirkungen richtet sich natürlich nach der geographischen Breite, von der auch die Dauer und die Intensität der Sonnenstrahlung unmittelbar abhängen. Unter der Annahme mittlerer Bewölkung berechnen sich folgende „solare" Temperaturen (τ) für die Monate in Werchojansk:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
τ	—41,1	—41,1	—36,9	—21,6	—3,1	13,6	19,9	13,1	—3,8	—22,3	—36,9	—41,1	—16,8

Diese Reihe von Temperaturen ist aber nur eine theoretische; denn nur in seltenen Fällen ist die Bewölkung dort eine mittlere. Im Winter ist der Himmel sehr klar, und das verstärkt noch die Kälte. Denn die Sonnenstrahlung, die z. B. im Dezember fast ganz fehlt, wird durch den offenen Winterhimmel nicht verstärkt, wohl aber die Ausstrahlung in den Weltraum. Im Sommer ist der Himmel dagegen bedeckt, und das vermindert natürlich auch die Wärmewirkung der Sonne. Wird dies voll berücksichtigt, so werden die aus der Strahlung hervorgehenden Temperaturen der einzelnen Monate in Centigraden die folgenden:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
τ	— 44,7	— 46,0	— 41,0	— 22,6	— 2,6	9,3	14,4	5,2	— 7,4	— 21,2	— 33,2	— 43,3

Stellt denn nun diese, uns von der Theorie gegebene Temperaturenreihe den Gang des Klimas richtig dar? Auch noch nicht. Wie sollten die Winde, die doch trotz vieler Windstillen jeden Ort treffen, ohne Wirkung bleiben? Auch dürfen wir nur die Tabelle der wirklichen Temperaturen am Eingange des Aufsatzes vergleichen, um zu sehen, daſs in allen Monaten noch bedeutende Abweichungen sind ($t_1 - \tau_1$), die ich hier aufführe:

	Jan.,	Feb.,	März,	April,	Mai,	Juni,	Juli,	Aug.,	Sept.,	Okt.,	Nov.,	Dec.
$t_1 - \tau_1$	—6,4	+0,2	+7,7	+9,0	+4,6	+3,2	+1,2	+5,0	+10,0	+6,4	—6.6	—4,7

Diese Differenzen zu erklären ist nun erst eigentlich die Hauptaufgabe der wissenschaftlichen Klimatologie, und diese Aufgabe ist auch nur zu lösen unter steter Beziehung zu den anderen Stationen.

So ist erst kürzlich an nördlich gelegenen Stationen nachgewiesen, daſs das Vorhandensein einer Schneedecke eine heftige Erkaltung

herbeiführen kann, weit heftiger, als wenn der freie Erdboden zu Tage tritt. Das sehen wir auch hier in den Monaten November, December und Januar, wo starke Erkaltungen eingetreten sind. Auch im Februar sind diese offenbar vorhanden; nur wirkt ihnen ein erwärmender Einfluſs entgegen, sodaſs die Erkaltung wieder aufgehoben wird.

Diesen erwärmenden Einfluſs kann man schon an den übrigen Stationen Sibiriens, als im Winter wirkend, kennen lernen. Es ist der Abfluſs des groſsen barometrischen Minimums, welches sich in jedem Winter über dem Norden des Atlantischen Oceans ausbildet. Man kennt ja die Eigentümlichkeiten des Atlantischen Oceans, daſs derselbe infolge der Gestalt der Ufer seine vom Äquator erwärmten Gewässer nach Norden führt, wo dieselben namentlich in dem Golfstrom mächtig vorwärts dringen und ihre Wärme bis in die höchsten Breiten tragen.

Durch die Berührung auf breiter Fläche mit diesem warmen Meeresstrom erwärmt sich auch die darüber stehende Luft höher als ihre Umgebung und steigt, die Nachbarluft im Wirbel nach sich ziehend, empor. So bildet sie eine mächtige Cyclone, deren oberste Luftmassen frei überflieſsen nach verschiedenen Richtungen, besonders nach derjenigen, in welcher am fernen Ende im Osten Asiens ein Maximum sich befindet. Dieses barometrische Maximum bildet eine Anticyclone, welche in wirbelnder Bewegung die in ihrem Inneren enthaltenen Luftmassen von oben wieder herunterführt. Oben zieht sie wie ein Strudel die Luftmassen von fern her an sich, um sie auf diesem Wege der Oberfläche des groſsen Oceans zuzuführen. So giebt sich denn, aus Westen zum fernsten Osten Sibiriens fortschreitend, ein allmähliches Wachstum des Luftdrucks zu erkennen und zugleich ein Herabsinken der oberen aus dem Meere stammenden Lüfte auf den Erdboden. Aus der Erwärmung, welche diese mit sich bringen, läſst sich auf die Temperatur schlieſsen, die sie vom Atlantic her mit sich führen, und die in den verschiedenen Monaten des Jahres etwa zu sein scheint:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
in ° C.	2	4	6	11	—	—	—	—	15	12	8	4

Durch Hinzufügen dieser Temperaturen lassen sich durch ganz Sibirien in den genannten 8 Monaten aus den solaren Temperaturen die thatsächlichen berechnen nach dem einfachen Verfahren der Mischungsrechnung, nur das die relative Menge der hinzukommenden oberen Lüfte nicht überall dieselbe ist. Vielmehr nimmt diese in der Richtung von Westen nach Osten Schritt für Schritt ab, sodaſs in

Kiew bei 30° östl. L. dieselbe 53%, in Bogoslowsk bei 60° östl. L. 44,5%, in Ssalair bei 86° östl. L. 30% und in Jakutzk bei 120° östl. L. 23% beträgt. So haben wir im März von Jakutzk die solare Temperatur $\tau_1 = -30°$ C., die wirkliche aber $t_1 = -22{,}8°$ C., also eine um 7,2° C. höhere. Wenn nun der obere Wind mit einer Temperatur $\theta = +6°$ C. dazu kommt, so ist er um 36° C. wärmer als die solare Temperatur. Es werden also nur 20% davon nötig sein, um die Erwärmung um 7,2° C. hervorzubringen und damit die thatsächliche Temperatur herzustellen. In den Monaten Mai bis August incl. fällt diese Zufuhr oberer Luft aber ganz fort, weil in diesen Monaten das nordatlantische Minimum nicht besteht. Auch wissen wir schon, dafs die Wirkung dieser warmen Lüfte vom November bis zum Februar unkenntlich ist, weil sie von der Erkaltung durch den Schnee überdeckt wird. Berechnen wir aber für die übrigen Monate, wieviel obere Luft in Werchojansk gewirkt haben mufs, so finden wir für März 17%; für April 25%; für September 44% und October 20%. Darnach müssen wir annehmen, dafs auch in den anderen 4 Wintermonaten, wo sie durch die Schneeerkaltung überdeckt wird, diese Wärmezufuhr vom nordatlantischen Minimum mindestens 17% beträgt, und wenn wir diee berücksichtigen, so stellt sich die Erkaltung durch den Schnee viel höher als sie oben erschien, nämlich — wir lernen dadurch die Macht der Naturkraft kennen, —

im	Nov.,	Dec.,	Jan.,	Febr.
auf	−13,6°	−12,7°	−14,5°	−8,3° C.

Schreckliche Erkaltungen! aber nicht unglaublich, da sie gerade auch in die Monate fallen, in welchen die Sonne unter oder dicht am Horizonte bleibt und also nur Ausstrahlung stattfindet, keine Einstrahlung.

So sehen wir, wie in 8 Monaten des Jahres selbst der Atlantische Ocean dem fernen Kältenest zur Bildung seiner Temperatur mithilft. Wie nun endlich in den 4 Monaten, die noch übrig sind, in den Sommermonaten Mai, Juni, Juli und August? In dieser Zeit geht 3 Monate lang die Sonne nicht unter und entwickelt eine mächtige Vegetation, welche das Staunen des Europäers erregt, der in diese eisigen Gefilde kommt, in denen der Erdboden fast 200 m tief gefroren ist und auch im Sommer nur etwa 1 m tief auftaut. Wir haben schon oben an der Tabelle $t_1 - \tau_1$ gesehen, dafs auch in diesen Monaten die wirkliche Temperatur (t_1) höher ist, als die durch Strahlung erzeugte (τ_1). Wollten wir aber sagen: seht da auch im Sommer die Wirkung des nordatlantischen Minimums, so wäre dies eine Verkehrtheit; denn im

Sommer besteht kein solches. Das winterliche Minimum verdankt sein Bestehen dem Umstande, dafs das Wasser bedeutend wärmer ist in dieser Zeit als das Land und dafs daher die Cyclone über dem Wasser emporwächst. Im Sommer aber ist es umgekehrt. Das Land nimmt die Sonnenstrahlung stärker an als das Wasser, und die Meeresluft dringt vielmehr zum Ersatz der emporsteigenden Landluft unten am Erdboden abkühlend herein. Dies kann man besonders deutlich aus dem Verhalten des in der Luft aufgelöst enthaltenen Wasserdampfes erkennen, wenn derselbe, wie zu Katharinenburg im Ural in kurzen Zeitintervallen beobachtet wird. Da hat sich aufs Deutlichste ergeben, dafs die Meeresfläche, von welcher er kommt, die Temperatur haben mufs:

im Mai, Juni, Juli, August
von 14,4° 15,2° 18,1° 15,3° C.

Zweierlei ist dabei sehr auffallend. Erstens, dafs (bis auf Mai) fast genau dieselben Temperaturen sich ergaben für Barnaul in Sibirien, ein unzweifelhaftes Zeichen, dafs dieselbe Luftströmung in östlichem Laufe nach Sibirien eindringt, wo sie sich darnach von Station zu Station bis in den äufsersten Osten dokumentiert. Das andre war, dafs diese Winde in den Sommermonaten, nach ihren Temperaturen zu urteilen, aus der Nordsee und Ostsee kommen mufsten, in der That dem Weg, auf welchem am ungehindertsten die von Westen her kommenden Seewinde in das Massiv des Kontinents eindringen können. (Im Mai vermischt sich damit wohl noch eine mehr von Süden herkommende Luftströmung, welche nicht voll nach Barnaul weitergeht.)

Diese mithin durchaus den Europäischen Meeren entstammende Luftströmung läfst sich nun auch noch in Werchojansk wieder erkennen. Im Mai ist der ankommende Wind um 17° C. wärmer als die Strahlungstemperatur, welche aber nur um 4,6° C. erhöht wird, ein Beweis, dafs nur 27% des Ostseewindes sich mit der schon vorhandenen Luft vermischen. Im Juni ist die Temperatur des Windes = 15,2° C., also 5,9° wärmer als die Strahlungstemperatur τ_1. Hiervon werden 54% gebraucht, um eine Erwärmung von 3,2° C. hervorzubringen. Im Juli ist der Ostseewind 18,1° C. warm, d. h. 3,7° wärmer als das vorhandene τ_1. Da diesem aber nur 1,2° C. noch hinzugefügt werden, so sind dazu 32% des Windes erforderlich. Ebenso im August 50%, um die Temperatur τ_1. noch um 5,0° C. zu erhöhen.

Es wäre falsch, wollte man die Sommertemperatur von Werjochansk aus dem benachbarten Polarmeere ableiten; denn von dort könnte nur Abkühlung kommen, und wir sehen, dafs in jedem Monate Erwärmung

gegeben werden mufs. Nur ausnahmsweise kommt wohl im Juli ein Wind vom Nordmeer, der dann aber auch entschiedene Abkühlung bringt.

Dagegen ist es bemerkenswert, dafs der Ostseewind, der anfangs auch als abkühlender Wind auftritt, sogar noch in Jakutzk, hier die Rolle vertauscht und Erwärmung bringt. Doch kann dies nicht hindern, ihn als den nämlichen Wind anzuerkennen. Wir sehen also das Ineinandergreifen von weit getrennten Gebieten der Natur hier vor sich gehen, und finden unsere Bemühungen, die einzelnen Wirkungen getrennt zu betrachten, vom besten Erfolge gekrönt.

Möge es durch fortgesetzte Beobachtungen und theoretische Berechnungen gelingen, unsere Einsicht in die komplizierten Vorgänge der Klimabildung immer mehr zu erhöhen!

Über Korallenriffe
und ihren Anteil an dem Aufbau der Erdrinde.

Von Dr. **Fritz Frech,**
Professor der Geologie an der Universität zu Breslau.

(Schlufs.)

6.

Die Riffe der mesozoischen und kainozoischen Zeit.

Die ältere dem Buntsandstein Deutschlands gleichstehende Abteilung der Trias ist gänzlich rifffrei und hat sogar in den bisher untersuchten Schichten nicht einmal die Andeutung einer Koralle geliefert.

In der mittleren deutschen Trias, dem in einem Binnenmeer abgelagerten Muschelkalk, gehören Korallen zu den gröfsten Seltenheiten, während Kalkalgen nur in zwei Gebieten gefunden wurden (Oberschlesien und Vogesen). Hingegen beginnt während dieser Zeit in den Alpen eine Periode der Riffentwickelung, welche in der oberen Triaszeit ihren Höhepunkt in Europa erreicht. Die gewaltige, als Schlerndolomit oder Wettersteinkalk bezeichnete, schichtungslose Riffmasse (s. Vollbilder Seite 97 und 145) entspricht in ihrem tiefsten Teile noch dem Muschelkalk und reicht durch verschiedene geologische Stufen der Tirolischen Abteilung hindurch. Von den berühmten „Südtiroler Dolomiten“ gehören zu dieser älteren Riffbildung aufser dem Schlern, der Lang- und Plattkofel (Vollbild S. 145), die Marmolata, die Gipfel der Pala-Gruppe bei San Martino (Vollbild S. 97) sowie bei vielen anderen Bergen (Sella-Gruppe und Ampezzo), das Fussgestell, über dem sich die kühnen Gipfelpyramiden des Dachsteinkalkes erheben.

Neben den Korallen, welche der jüngeren, als Hexakorallier bezeichneten Abteilung angehören, sind röhrenförmige Kalkalgen aus der Familie der Siphoneen (Diplopora, Fig. 4b–f) von grofser Wichtigkeit. Während am Schlern, in der Gegend von Ampezzo und

Enneberg Korallen als die hauptsächlichsten Riffbildner[11]) anzusehen sind, treten in dem Wettersteinkalk der bayerischen, der nordtiroler Gebirge und in den Radstädter Tauern die Diploporen ganz entschieden in den Vordergrund. Auch in den Karnischen Alpen, deren Dolomite man ohne zureichenden Grund der Dyas zugerechnet hat, sind vornehmlich Diploporen als Rifferbauer thätig gewesen (Fig. 9).

Die gewaltigen 1000 — 2000 m mächtigen Riffe dieser älteren (Tiroler) Abteilung der oberen Trias erstrecken sich von den Karawanken bis nach Venezien und in die Lombardei; ihre Ausdehnung in den nördlichen Kalkalpen ist ebenso bedeutend, obwohl die Mächtigkeit hier im Allgemeinen geringer ist. Auch die Centralalpen waren mindestens zum Teil mit Diploporendolomit überkleidet (Stubaier Alpen, Radstädter Tauern).

In Südtirol haben — ähnlich wie in dem Riffgebiet des rechtsrheinischen Devon — bedeutende submarine Vulkan-Ausbrüche stattgefunden. Die dunkelen Lavamassen sind meist von den Wogen zu Sand zerrieben, und dieser schwarze Augitporphyrtuff greift zungenartig auf der Böschung der Riffe in die Fugen derselben ein (Übergufsschichtung). Am Fufse der Dolomitriffe liegen zahlreiche abgerollte Korallenbruchstücke oder Riffsteine in den wohlgeschichteten Tuffen.

Ein schönes Beispiel alter Riffböschung zeigt uns der Langkofel (Titelblatt S. 145). Die steilen Abstürze und schaurigen Wände, welche der Dolomit überall in gröfseren und mittleren Höhen zeigt, (Cimon della Pala, Titelblatt S. 97) sind natürlich nicht alte Riffböschungen, sondern jüngere durch die Verwitterung geschaffene Oberflächenformen. (Fig. 9, Gartnerkofel).

In der oberen (bajuvarischen) Schichtengruppe der Trias fehlen die Eruptivgesteine, und neben den local hervortretenden Riffen wiegen geschichtete Kalke bei weitem vor. Diese geschichteten Dachsteinkalke bilden in ausgedehnten Teilen der Südtiroler Dolomiten, vor allem bei Ampezzo und Sexten, die stolzen Gipfeltürme der Drei Zinnen, des Monte Cristallo, Tofana, Elferkofel u. a. Auch die Centralalpen waren aller Wahrscheinlichkeit nach von einer zusammenhängenden Masse des Dachsteinkalkes bedeckt. Den stattlichsten

[11]) An einem der berühmtesten Versteinerungs-Fundpunkte, dem Richthofen-Riff in der Gegend von Ampezza, läfst sich die allmähliche Umwandlung der organisch struierten Korallenskelette zu krystallinem Riff-Dolomit in ganz allmählichem Übergange verfolgen. In demselben Mafse, wie die Struktur der Koralle verschwindet, nimmt, wie die chemische Untersuchung zeigt, der Magnesiagehalt zu. In dem reinen Dolomitgestein sind hier — wie überall — von den verästelten Korallen nur noch die Hohlräume erhalten.

Rest der meist zerstörten Decke bildet der jäh aufsteigende, sagenumwobene Gipfel des Tribulaun unweit Gossensafs am Brenner. Die Verknüpfung der Dachsteinkalke mit dem ungeschichteten Korallenkalk ist am Dachsteingebirge selbst besonders deutlich (Fig. 10).

Der Nordabhang des Gebirges besteht aus dem geschichteten, bei Berchtesgaden, am Hochkönig, im Hagen- und Todten-Gebirge weit verbreiteten Gestein. Der jähe Südabsturz der Dachsteinmasse zeigt vom Grofsen Donnerkogel (Gosau), wo Korallenreste das Gestein vollkommen erfüllen, bis zur Bischofsmütze und dem Scheichenspitz bei Schladming ausschliefslich die charakteristischen massigen, schichtungslosen Wände des Riffkalkes. Am Koppenkarstein, einem Nebengipfel des Dachsteins

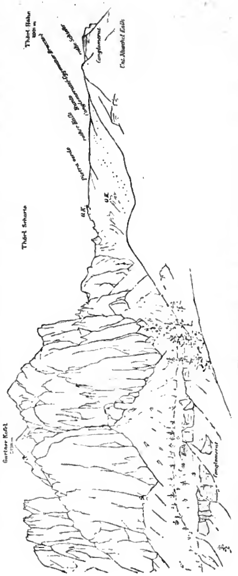


Fig. 9. **Der Gartnerkofel von Norden.** Nach einer Zeichnung von E. Suess.

Der massige, in steilen Wänden abstürzende Riffdolomit besteht im Wesentlichen aus Kalkalgen (Diplopora Fig. 4) und wird von geschichteten Triasbildungen unterlagert. (Aus Frech, Die Karnischen Alpen, Abb. 17.)

(Fig. 10), stofsen beide Strukturformen derart an einander, dafs der geschichtete Kalk den nördlichen, das Riffgestein den südlichen Absturz bildet.[12]) In ähnlicher Weise wie in den heutigen Meeren der durch Brandungswirkung aufbereitete Korallensand in regelmäfsigen Straten niedergeschlagen wird, dürfte auch für die Triaszeit ein unmittelbarer Zusammenhang von Riff- und Dachsteinkalk anzunehmen sein.

Meist sind die ältere (tirolische) und die jüngere (bajuvarische) Kalkentwickelung durch einen Mergelhorizont von einander geschieden. In einzelnen Fällen (Comelicaner Berge der Carnia, Tonion in den Mürztaler Alpen) fehlt derselbe, und dann besteht die gesamte Formation aus einer gewaltigen Kalkmasse, deren Material wesentlich aus den gewachsenen oder abgeriebenen und umgelagerten Skeletten der Korallen und Kalkalgen stammt.

An einzelnen Punkten der Nordalpen reicht die Kalk- und Riffentwickelung über die obere Grenze der Trias hinaus und in die Juraformation hinein (Hochfelln in den Bayrischen Alpen, Sonnwendjoch nordöstlich von Innsbruck u. a.). Diese jüngeren Riffe, deren Verbreitung wesentlich beschränkter ist, enthalten die Riffkorallen der Trias, vor allem die rasen- und baumförmigen Thecosmilien in wenig oder gar nicht veränderten Arten. Der Beginn eines neuen Weltzeitalters wird durch die Umprägungen gekennzeichnet, welche die leichter veränderliche Gruppe der pelagisch lebenden Ammoniten erfahren hat.

In dem aufseralpinen Mittel- und Westeuropa sind Riffkorallen im unteren und mittleren Jura spärlich vorhanden, Riffe aber überhaupt nicht entwickelt. Die Zeit des oberen Jura ist in Süddeutschland, der Schweiz und in Frankreich durch bedeutende räumliche Ausdehnung der in verschiedenen Horizonten vorkommenden Riffe ausgezeichnet, deren Mächtigkeit (100—200 m im Maximum) im Vergleich zu den triadischen unerheblich genannt werden mufs.

Mächtiger sind die oberjurassischen Riffe des Mittelmeer-Gebietes und der Ostalpen (Plassen bei Hallstatt). Hier spielt neben den Hexakorallen die eigentümliche Korallengruppe der Hydrozoen (Ellipsactinia), deren Vertreter häufiger zuerst in der oberen Trias erscheinen, eine grofse Rolle. Ähnlich wie in den Karnischen Alpen die tria-

[12]) Noch weiter östlich, am Grimming, legt sich das geschichtete Gestein über die schichtungslosen Riffmassen (Fig. 11). An den Dirndeln unweit des Dachsteins (Fig. 12) ist der Gegensatz der geschichteten und massigen Strecken weniger scharf ausgeprägt. Doch beobachtet man deutlich, dafs der schichtungslose Dolomit viel mehr zur Ausbildung steiler Wände geeignet ist, als der geschichtete Kalk des Nordgehänges.

dischen Riffe über denen des Devon, so liegen am Untersberg bei Salzburg die jurassischen Riffe über den Dachsteinkalken. Für den landschaft-

z



x

Fig. 10. Der Koppenkarstein am Dachstein.
Massiges Riffgestein (S) und geschichteter Dachsteinkalk gehen als gleich alte Gebilde in einander über.
(Nach F. von Simony.)

lichen Eindruck bilden die weifsen Kalkmassen ein untrennbares Ganze und die Aufgabe des Geologen, die äufserlich ähnlichen Kalke zu trennen, wird durch die schlechte Erhaltung der organischen Reste erschwert.

Dem obersten Teile des Jura gehören vor allem die Ellipsactinien-Riffe an, die im Mittelmeergebiet in erheblicher Ausdehnung vorkommen. Als Beispiel sei die Abbildung des berühmten Felseneilandes Capri am Golfe von Neapel hier wiedergegeben (Fig. 13). Die Kalke, welche das Felsgerüst der herrlichen Insel bilden, sind vorwiegend schichtungslos und an manchen Punkten, so am Weg zur Tiberius-



Fig. 11. **Der Südabsturz des Grimming (Südost-Ausläufer des Dachsteingebirges).**
Der massige Riffdolomit wird im Norden von wohlgeschichtetem Dachsteinkalk überlagert.
(Nach F. v. Simony, Dachsteingebirge.)

Villa, ganz mit Korallenresten erfüllt. Während das Felsgerüst von Capri rein organischen Ursprungs ist und nur wenige vulkanische Bomben an die Nähe des Vesuvs und der Phlegräischen Felder gemahnen, ist das scheinbar symmetrisch zu Capri liegende Eiland Ischia

ganz und gar eruptiver Entstehung. Die eine Insel wird so gut wie vollkommen von seismischen Bewegungen verschont, während die andere der Schauplatz periodischer, äufserst heftiger Erdbeben ist.

N.



S

Fig. 12. **Die Diradeln am Dachstein.**
Der schichtungslose Riffdolomit der Südwände fällt unter den geschichteten Kalk des Nordgehänges ein.
(Nach F. v. Simony, Dachsteingebirge.)

In wenigen Fällen ist der Zusammenhang zwischen der Landschaftsform, der Beschaffenheit des Gesteins und der geologischen Entwickelung so klar wie bei den beiden Inseln, welche in jeder Hinsicht die denkbar gröfsten Gegensätze bilden. Die eigentümliche, viel bewunderte und häufig dargestellte Verwitterungsform des **Arco naturale** auf Capri (siehe Vollbild, Bd. IV, Seite 464) gehört ebenfalls den steilen Abstürzen des massigen Riffkalkes an.

Mit dem Jura schliefst in Europa die Zeit der Riffe[13] ab; zwar sind in der Kreideformation der mediterranen und alpinen Gebiete (Gosau) Riffkorallen aus der Verwandtschaft der noch lebenden Formen keineswegs selten; aber um echte Riffbildungen zu finden, müssen wir wie in der Jetztzeit das Gebiet der Wendekreise aufsuchen: Im südlichen Teile von Ostindien enthält die Utatur-Gruppe (= Cenoman-Kreide) typische Riffbildungen, und ein Teil der „gehobenen Korallenriffe" auf Cuba (s. u.) scheint ebenfalls noch der Kreideformation anzugehören.

In der **Tertiärzeit** nähert sich die Entwickelung des organischen Lebens, die Verteilung der Wärmezonen und die Gestaltung der Kontinente und Meere allmählich den Verhältnissen der Gegenwart.

Die Riffkorallen verschwinden zunächst aus den nördlich der Alpen gelegenen Teilen von Europa. In dem alpinen Gebiet selbst, und zwar vornehmlich im Süden (Vicentin), weniger im Norden (Reit im Winkel) sind zahlreiche Korallen bekannt, die zu den riffbildenden Gattungen der Jetztzeit gehören. Jedoch kommt es trotz der Mannigfaltigkeit der Fauna nirgends zur Entwickelung von Riffen. Allerdings weist der tropische Charakter der gleichzeitig lebenden Land-Flora auf ein Klima hin, welches aller Wahrscheinlichkeit nach dem Gedeihen der Korallen günstig war. Vielleicht hat somit der schlammige Charakter des Meeresbodens die Entstehung umfangreicherer Kalkbauten verhindert. Zeigt doch auch in den tropischen Meeren der Jetztzeit die Verteilung der Riffe grofse Unregelmäfsigkeiten. So ist die Westküste von Amerika in ihrer gewaltigen Längsausdehnung fast vollkommen rifffrei.

In den jüngsten tertiären (pliocänen) Meeren sind Riffkorallen vollkommen aus den europäischen Gewässern verschwunden, und ebensowenig sind an den jetzigen Küsten unseres Weltteils Korallenarten bekannt, welche in tropischen Gebieten Riffe zu bilden pflegen.

[13]) Eine Angabe, wonach in der oberen Kreide der südlichen Ostalpen Korallenriffe vorkommen sollen, bedarf der Bestätigung. Vielleicht handelt es sich um Riffkalke, deren Material durch die korallenähnliche Zweischaler-Familie der Hippuriten abgeschieden wurde.

Man könnte angesichts der Seltenheit tertiärer Riffe auf den Gedanken kommen, dafs die Tertiärzeit als solche dem Gedeihen von Riffen ungünstig gewesen sei. Berücksichtigt man jedoch, dafs nur

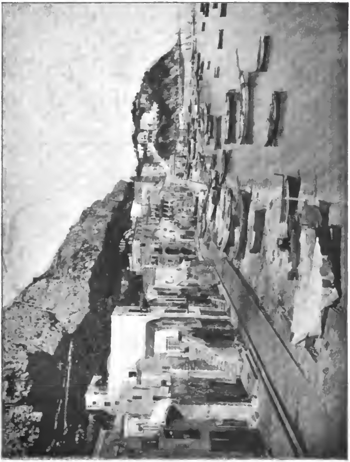


Fig. 13. Grande Marina auf Capri.
Im Hintergrunde die Abstürze des oberjurassischen Riffkalkes, oberhalb deren Anacapri liegt.

im Gebiet der Alpen und den im Osten anschliefsenden Hochgebirgen [14]) von Europa und Asien bedeutende Veränderungen im Stande des Mee-

[14]) wo die lokalen Verhältnisse für das Gedeihen von Riffen ungünstig waren.

res stattgefunden haben, so liegt die Anschauung näher, dafs die Riffbildungen der Tertiärzeit noch zum gröfsten Teile unter dem Ocean begraben liegen. Dem Tertiär gehören, abgesehen von den Rindenriffen der Sinaihalbinsel (Fig. 4), vornehmlich manche gehobene Korallenbauten des pacifischen und des Antillen-Gebietes an.

Besonders ist in dieser Hinsicht die Insel Cuba interessant, welche nach den Untersuchungen Crosbys in fünf verschiedenen Höhenstufen Korallenriffe aufweist. Das unterste derselben dürfte geologisch gesprochen der Jetztzeit, das oberste dem älteren Tertiär oder der Kreideperiode angehören.

1. Das unterste Riff umgürtet in einer Höhe von 30 (engl.) Fufs die Küste und enthält wohl erhaltene Korallenreste. Der Korallenkalk wechselt dort, wo früher Flüsse in das Meer gemündet haben, mit Sanden, stürzt aber sonst in steilen Wänden zu dem heutigen Brandungsstrande ab.

2. Das nächste Riff liegt in einer Höhe von 200—250′ und ist schon ganz vorwiegend aus anorganisch erscheinendem Kalke zusammengesetzt.

3. 4. Auch die beiden folgenden in 500 bezw. 800′ gelegenen, aus krystallinen Kalken zusammengesetzten Riffzonen umgeben noch — obwohl vielfach durch Erosion zerspalten — die ganze Insel und dürften sämtlich in tertiären Meeren gebildet sein.

5. Der oberste Riffkalk, el Yunque, genannt, beginnt erst in einer Höhe von 1800′ und zeigt durch die Unregelmäfsigkeit seines Auftretens die Zugehörigkeit zu einer älteren Periode an. Steile, 3—600′ mächtige Abstürze kennzeichnen diesen krystallinen, massigen, von Höhlen durchsetzten Kalk, dessen Gesamtmächtigkeit 1000 bis 1200′ beträgt. Auch auf Jamaica liegen die ältesten Riffe in ähnlicher Höhenlage.

Fassen wir zusammen: Das Weltmeer umbraust an den Küsten tropischer Koralleninseln dieselben Gesteine wie der Sturm auf den einsamen Gipfeln des Hochgebirges. Es bedurfte der zu gewaltiger Massenwirkung gesteigerten Arbeit winziger Wesen, um im Laufe geologischer, d. h. für unser Begriffsvermögen unfafsbarer Zeitläufe, die Bauten auszuführen, welche umfangreiche Teile der Erdrinde zusammensetzen. Die Zuckungen, die in langen Intervallen das Gerüst unseres alten Planeten durchzittern, und deren Wirkung wir in den Erdbeben und in der Aufwölbung von Gebirgen wahrnehmen, haben die auf dem Grunde des Oceane gebildeten Gesteine zu den Gipfeln der Hochgebirge emporgetragen.

Eine Kulturbewegung in der Naturwissenschaft.

Von Dr. **Hallervorden** in Königsberg, Privatdozent für Psychiatrie.

Unter den naturwissenschaftlichen Bemühungen der Gegenwart, welche abseits von Edisons Eutdeckerphantasie und lauge vor Röntgens verdienstvoller Beobachtung durch systematisch vertiefte Arbeit sich zu einer wissenschaftlichen Schule ausgewachsen haben, nimmt die physikalische Chemie eine sachlich wie prinzipiell hervorragende Stelle ein. Die vorher mit nur losen hypothetischen Fäden verbundenen beiden grofsen Fächer der anorganischen Naturkunde, Chemie und Physik, sind mit gesicherten Fundamenten zu einem bedeutenden Gebiet verschmolzen; selbstverständlich fällt auf die organische Chemie und damit auf die ganze organische Naturerkenntnis ebenfalls ein erfreuliches Licht. Hauptsächlich dem Professor Ostwald in Leipzig, seiner unablässigen Mühe und seinen Schülern dankt die Kultur diesen Fortschritt. Aber auch prinzipiell — darf man heute sagen: philosophisch? — stellt uns die physikalische Chemie vor eine Umwälzung weiter Kulturgebiete.

Der charakteristische Zug dieser Umwälzung indefs, historisch betrachtet, reicht weiter zurück und weiter hinaus; die physikalische Chemie ist nur ein Glied, wennschon ein bedeutendes, in der geschichtlichen Kausalkette. —

Kant brach den Wolfschen Schematismus zu Gunsten des Rohstoffes, „des Mannigfaltigen" der Erfahrung, welche allein Gegenstand der Naturforschung sein dürfte, und gab dafür als Kanon seine „metaphysischen Anfangsgründe der Naturwissenschaft". Hierin legte er alle Grundwahrheiten fest, welche man heut als selbstverständlich ansieht, ohne ihres Urhebers zu gedenken; z. B. „dafs in jeder besonderen Naturlehre nur so viel eigentliche Wissenschaft angetroffen werden könne, als darin Mathematik anzutreffen ist". Er gab darin die Widerlegung der Atomistik und der mechanischen Naturanschauung

zu Gunsten der Dynamik, heute Energetik genannt, begründete die Begriffe zweier Klassen von Kräften, anziehender und abstoſsender, und beschenkte uns mit einem Unterbau, worauf die heutige Naturwissenschaft ihren festen Stand genommen hat. Trotzdem sind mehr noch als von der Philosophie die Kantschen Schöpfungen von der undankbaren Naturwissenschaft vernachlässigt, obgleich selbst aus dem trüben Gebräu eines Fichte, Hegel, Schopenhauer noch nach allen Seiten Kantsche Ideen entströmten, welche, der Reinigung und Klärung bedürfend, ihre Reiniger, ihre Klärer mit einem anscheinend neuen, wertvollen Niederschlage wie Erfinder überraschten und belohnten.

Aber Kant war vergessen.

Da kam Darwin: und ein kleiner Teil des Königreiches, das Kant begründet und für uns Kärrner zum Behauen hinterlassen, davon der Zipfel einer Satrapie, fand in Darwin den Neubegründer, den Kulturförderer im Sinne Kants gegen Herder, zugleich im Sinne Goethes. Die organische Naturwissenschaft, ein Fachwerk strenger Klassifikationen, brach alle Trennungszäune und gewann Einheit nach Entwickelungsgesetzen aus Thatsachen. Schon der junge Darwin hatte, als er Pflanzen für sein Herbarium sammelte, nicht Gattungstypen, sondern hauptsächlich Übergangsformen (z. B. der Rubusarten) gesucht und studiert. Wie er dann später Übergangsformen allerorten ins Auge faſste, erkannte er an ihnen die Künstlichkeit zoologischer und botanischer Klassifikationen und schaute den Fluſs der Formen im Entwickelungsgang. So hatte einst von höherer Warte Kant den stolzen Fluſs kausalen Anstoſses und kausaler Folge, der das Universum mit Höhen und Tiefen dahinträgt, seiner Herkunft nach als eine in uns selbst verborgen entspringende Quelle erschaut. Heute darf ein Arbeiter im Gebiet organischer Naturforschung Übergangsformen, den Ausdruck des Entwickelungsflusses, nicht mehr vernachlässigen, weil durch sie erst jeder künstliche Schematismus aufgelöst, die Mannigfaltigkeit der wirklichen Natur vom Beobachter begriffen und nachgeschaffen wird. Sie bleiben ein methodisches Hauptaugenmerk für Forschung und Lehre.

Ironie war's, daſs der Materialismus zu Gunsten der mechanischen Weltanschauung sich Darwins zu bemächtigen schien; nur seine Ohnmacht sollte er an ihm darthun, um dann der dynamischen Naturauffassung um so sicherer Raum zu geben. —

Präziser und ideenreicher als Darwin, weil schon näher dem Ziele, spricht sich Ostwald über Dynamik und ungekünstelte Natur-

anschauung in seinen Arbeiten und Reden aus, er und seine Schüler, auf dem Gebiet anorganischer Forschung, der sog. physikalischen Chemie. Ostwald, in Anlehnung an R. Mayer, an Helmholtz und Hertz, folgt mit unbefangenem Auge den Verwandlungen der Energieformen, die zu beschreiben er auf dem kürzesten Wege mathematischer Formeln bemüht ist, ein rechter Kantschüler, nur dafs er es nicht weifs. Aber Kants Ideen durchsickern unsere ganze Bildung, und Leute von Ostwalds Schlage gehen nicht achtlos an einem Boden vorüber, welcher das kostbare Erz auch nur in Spuren blinken läfst. Er nennt seine wissenschaftliche Richtung Energetik. Von einem Mitarbeiter an der Zeitschrift für physikalische Chemie, Wald, sind treffend Konsequenzen ausgesprochen, welche die Zurückführung der neuen Forschung auf Kantsche Grundlagen noch mehr erleichtern. Die chemischen Laboratoriumspräparate, hiefs es, die mühsam gereinigten Elemente, im Schrank geordnet wie im Lehrbuch, seien Kunstprodukte. Vielmehr habe die Wissenschaft nach einer Chemie der „Rohstoffe", wie sie sich eben in der Natur darbieten, zu streben und diesen die Gesetze der Energieverwandlung zu entnehmen. Und immer neue Übergangsformen zwischen Kräften und zwischen Naturerscheinungen erschliefsen sich uns. Also auch hier soll der Schematismus, die gekünstelte „Mechanistik" einer beschreibenden Naturerkenntnis weichen, wie sie nach Ostwalds Angabe Kirchhoff als Ziel vorgeschwebt. Wie würde erst Goethe solche Forschung mit Freuden begrüfst haben! —

Endlich hat noch ein dritter Zweig der Wissenschaft die auffallende Ähnlichkeit in der prinzipiellen Abweichung vom Schematismus mit den genannten Gebieten aufzuweisen, nämlich die Psychologie. Verfasser dieses ist erst vor wenigen Monaten mit einigen Forschungsergebnissen vieljähriger Arbeit, Kräpelin in Heidelberg schon im vorigen Jahre — beide aber mit dem gleichen Forschungsgegenstande, nämlich dem Individuum — hervorgetreten, welches ich als den psychologischen Rohstoff bezeichnen möchte. Wenn irgend ein Arbeitsgebiet den Individualismus verlangt hätte, so war es die Psychologie; und dennoch ist ihm, soviel mir bekannt, erst jetzt sein wissenschaftliches Recht geworden. Kräpelin hat, von Wundts Laboratorium ausgehend, später in der Klinik und selbständig, durch fein ausgebildete Mefsmethoden zahlreiche Individuen experimentell auf Perzeptions- und Reaktionsgeschwindigkeit, auf Ermüdbarkeit etc. untersucht und ist dadurch zu seiner „Individualpsychologie" gelangt, in welcher er viele tüchtige Schüler beschäftigt. Schon in der

Pathologie hatte *Möbius* das System der Krankheitsformen von seiner zwingenden Würde abgesetzt. Ein österreichischer, sehr angesehener Psychiater bewegt sich in derselben Richtung, wenn er die Behauptung ausspricht: „Schulfälle sind Ausnahmefälle“. Man kann in der That von Seelenstörungen sagen: jedes Individuum hat *seine* Krankheit. Auch Verf. dieses gelangte durch *klinische und Lebens-Beobachtungen* zur Gegnerschaft gegen den Schematismus und leitete gerade aus den Übergangsfällen die ausschlaggebende Bedeutung der Persönlichkeit ab. Jedoch, als *Kantschüler* auf kritische Vorsicht bedacht, zog ich dem Psychologen außer den erkenntnistheoretischen Grenzen auch noch empirisch-persönliche Grenzen, indem ich jede angewendete Psychologie auflöse in Psychologie des Subjekts und des Objekts. Das Verhältnis zwischen beiden persönlichen Faktoren bestimmt in *jedem* Fall ps. Urteil und ps. Wirkung und giebt eine kritische Grundlage für eine — wie ich sie nach der Lehrweise nenne — *„klinische Psychologie“ aller Berufe*, denen im Hörsaal die Untersuchungsweise normaler Individuen gezeigt, zur Übung dargeboten wird. Hierbei scheint sich *Erblichkeitspsychologie* als ein fein in die Persönlichkeit eindringendes Forschungsmittel[1]) zu bewähren. So erlernen Lehrer, Ärzte, Richter, Seelsorger, aber auch Offiziere, Schauspieler. alle Berufsarbeiter ihre *subjektive* Begabung und *einheitliche* Beurteilung der Besonderheiten jedes beliebigen Menschen als *Objekt* und als Persönlichkeit — keine schematische und darum trennende Seelenpsychologie. Auf der klinischen Psychologie baut sich pragmatische Psychologie, d. h. eine von den Individuen und ihren Besonderheiten bestimmte *Psychohygiene* auf, das ganze soziale Leben umfassend, und nach meinem Entwurf für alle Berufe erforderlich. Da bietet sich dem überraschten Blick die große, aber einfache Wahrheit dar: *Das sittlich Gute ist das seelisch Gesunde!* —

Absichtlich ziehe ich weitere Kreise von Kulturarbeit wegen Unkenntnis nicht in meine Betrachtung hinein. Ein Zufall kann indes das Zusammentreffen des Parallelismus auf drei großen Gebieten nicht sein: *Goethes* Naturanschauung, aber namentlich Kants *Grundsätze gelangen in der gemeinsamen Bewegung spät zu ihrem Recht: die Person gegen das Schema!*

---

[1]) Zugleich als bestes Mittel gegen das Modegespenst der Vererbung, welches bei Zola, Ibsen u. s. w. den schädlichsten Spuk des Irrtums verübt, ja manchen krank macht. Die modische Erblichkeitsvorstellung ist eine Fälschung!

Warum vergifst man Kant so sehr? Ihn, den Schöpfer sittlicher Persönlichkeit! Warum hat man unlängst in Königsberg sein Haus abgebrochen, in welchem er viele Jahre hindurch gelehrt und gearbeitet? Es hätte das wie Goethes Haus ein Heiligtum der Nation — der Nation? — der Menschheit sein sollen!

Neues von Lichtwahrnehmungen.

Ein altes Problem, dessen Lösung sich schon Draper 1847 vorgenommen hatte, ist das der Grenze des Leuchtens. Bei welcher Temperatur beginnt ein erwärmter Körper leuchtende Strahlen auszusenden? Ist die chemische Natur des Körpers dabei gleichgiltig oder nicht? Durch seine Versuche, bei denen die Augen natürlich vorher genügend im Dunkeln ausgeruht waren, hatte Draper 490° C. als jene Grenztemperatur gefunden und den Schlufs gezogen, dafs alle festen Körper bei dieser sichtbar werden. Ph. Gray[1]) fand eine nicht viel geringere Erwärmung nötig und bestätigte auch den zweiten Schlufs durch Erwärmung hellen und über der Lampe geschwärzten Platindrahtes. Einen gewissen Abschlufs hat die Frage aber erst durch die Untersuchung von P. Pettinelli[2]) gefunden. Ein massiver gufseiserner Cylinder wurde in einem besonderen Ofen erhitzt und die Temperatur hinreichend genau für die ganze Oberfläche des Cylinders durch ein Luftthermometer bestimmt.

Die Beobachtungen wurden immer in derselben Entfernung von dem erwärmten Körper angestellt (60 cm). Man konnte dann, während das übrige Zimmer dunkel war, die obere Grundfläche des Cylinders schon bei 460° mit entschieden rotem Lichte leuchten sehen, und diese Farbe blieb auch deutlich bis zu einer Temperatur sichtbar, die 10° über derjenigen des Erlöschens lag. Dieses trat erst bei 404° C. ein, wenn die ganze Oberfläche betrachtet wurde und konnte unter diese Grenze nicht herabgedrückt werden; aber das Auge wurde weniger empfindlich, falls man die Fläche durch ein Loch ansah, welches nur einen Teil der Strahlen durchgehen liefs. Die Minimaltemperatur des Leuchtens nahm um 6°, 20° oder 60° zu, wenn man nur $^1/_{40}$, $^1/_{200}$ resp. $^1/_{400}$ der Oberfläche zu Gesicht bekam, und der Moment des völligen Verschwindens wurde immer unsicherer. Um die Temperatur

[1]) Proc. Phys. Soc. London XIII, 122, Am J. of Sc. 1895, 232.

[2]) Nuovo Cimento 95 Ser. 4 T. I. S. 183, Nat. Rdsch. X p. 27.

zu bestimmen, hatte man vorher Beobachtungen über das Mafs ihrer Abnahme mit der Zeit anstellen müssen, denn während der Versuche durfte man sich natürlich nicht gestatten, das Thermometer abzulesen. Um noch andere Körper in die Untersuchung einzubeziehen, wurden verschiedene Pulver auf den Cylinder gestreut oder verschiedene Metallkörper, entweder rein oder mit Rufs geschwärzt, mit ihm verbunden. Die Minimaltemperatur des Leuchtens nimmt ferner ab, wenn das Emissionsvermögen des erwärmten Körpers für dunkle Strahlen zunimmt. Die Lichtstrahlen, welche bei dieser niedrigen Temperatur von dem Körper ausgehen, nehmen in ihren Eigenschaften die Mitte zwischen den dunklen und hellen Strahlen ein, welche bei höheren Temperaturen ausgesandt werden. Wenn man eine Schicht von Glas oder Wasser vor das Auge des Beobachters bringt, so zeigt sich nämlich, dafs dieselben zwar von den fraglichen Strahlen passiert werden, aber bei wachsender Dicke der lichtverzehrenden Schicht nimmt die Absorption stärker als für die Strahlen mittlerer Wellenlänge zu.

Warum ist das Auge für die eine Art von Strahlen empfindlich, und warum gestattet es den ultraroten Strahlen nicht, welche erwärmte Körper auch unter 404 ⁰ aussenden, wie den ultravioletten, zur Wahrnehmung zu gelangen? Zweierlei kann schuld sein: entweder verzehren die Flüssigkeiten, die Linse und der Glaskörper des Auges solche dunklen Strahlen, oder die lichtempfindlichen Netzhautelemente sind zur Wahrnehmung derselben ungeeignet. Für ultraviolettes Licht ist es längst bekannt, dafs es nur wegen der Absorption durch die Krystalllinse nicht zur Hinterwand des Auges gelangt, und für die Röntgenschen X-Strahlen hat zuletzt erst G. Brandes dasselbe gezeigt,[3] indem er bewies, dafs diese Strahlen stets sichtbar sind, aber ihren Weg um die Linse herum nach der Netzhaut nehmen und auch ins Auge eindringen, wenn die Pupille abgeblendet ist, nicht aber, wenn diese frei ist und der Weg um die Linse herum für das Licht abgesperrt wird. Die Nichtempfindlichkeit des Auges für ultrarotes Licht haben Cima, Janssen und Helmholtz auch auf Rechnung der Absorption gesetzt, während Tyndall, Engelmann u. a. die Netzhaut dafür verantwortlich machten. Dafs ultrarote Strahlen in der That stark absorbiert werden, das ist von früheren Beobachtern gefunden worden, aber zuletzt hat E. Aschkinafs[4]) den Beweis geführt, dafs am roten Ende des sichtbaren Spektrums ein plötzliches Anwachsen der Absorption durch die Augenmedien nicht stattfindet, und

³) Mitt. an die Berl. Ak. d. Wiss. vom Mai 96.
⁴) In Wiedemanns Ann., vergl. Nature 1895 Aug. 15.

dafs die lichtverzehrenden Kräfte dieser sich praktisch nicht anders als das Wasser verhalten. Denn zerlegt man das Licht eines Zirkonbrenners durch ein Flufsspatprisma in seine Bestandteile und läfst es dann durch dünne Lagen der Flüssigkeiten eines Ochsenauges gehen, so kann man die folgenden Wirkungen der Absorption mit Hülfe des Bolometers wahrnehmen. Während an der Grenze des sichtbaren Spektrums bei einer Wellenlänge von 0,81 μ[5]) diese Absorption 5 pCt. für das ganze menschliche Auge beträgt, wächst dieselbe auf 10 pCt. bei 0,872 μ im Ultrarot, erreicht 60 pCt. bei 0,98 μ und nimmt bei 1,095 μ wieder bis auf 34,5 pCt. ab, wird aber 100 pCt., d. h. es geht kein Strahl des ultraroten Lichtes mehr durch das Auge, wenn seine Wellenlänge mehr als 1,4 μ beträgt. Dennoch erreicht jedenfalls ein grofser Teil des ultraroten Lichtes die Netzhaut des Auges, und es bleibt nur übrig, anzunehmen, dafs solche Strahlen nicht fähig sind, die Nervenenden der Netzhaut zu beeinflussen und Gesichtsempfindungen hervorzurufen.

Diese Nervenenden sind ihrem anatomischen Bau nach längst genau bekannt. Die lichtempfindlichen Teile haben die Form von Stäbchen und Zapfen, mikroskopische Gebilde, die oben von der Pigmentschicht gekrönt sind.[6]) An beiden unterscheidet man ein Aufsen-

---

[5]) 1 μ = 0,001 mm.

[6]) Renke, Der Mensch I. S. 577, 78. In jüngster Zeit sind über die Lichtempfindungen durch die Netzhautelemente einige interessante Entdeckungen gemacht werden. Prof. König in Berlin teilte der physikalischen Gesellschaft am 17. April mit, dafs von der Zentralgrube im gelben Fleck aus, welche sich bekanntlich durch die gröfste Sehschärfe auszeichnet, diese nach allen Seiten abnimmt, und zwar nicht gleichmäfsig, sondern so, dafs die Linien gleicher Seeschärfe konzentrische Ellipsen der Netzhaut sind. Nennt man den Flächeninhalt eines Netzhautstückchens, durch welches zwei Fäden von gewisser Entfernung in bestimmtem Abstande vom Auge noch getrennt gesehen werden, eine Gesichtseinheit, so nimmt die Gröfse einer solchen vom gelben Fleck nach aufsen hin zu, und man kann ihre Gesamtzahl zu 50 000 berechnen. Nimmt man an, dafs jede dieser Gesichtseinheiten noch für drei Farben empfindlich ist, deren Wahrnehmung im Gehirn durch je eine Faser des Sehnerven vermittelt wird, so mufs dieser mindestens 150 000 Fasern enthalten. In der That geben die Histologen 4 bis 500 000 an. Eine weitere neuere Entdeckung ist die, dafs im Dunklen lebende Tiere sich durch einen Überschufs von Stäbchenelementen auszeichnen, während die Zahl der Zapfen zurückgeht. Diese Tiere bedürfen eher kaum einer anderen Wahrnehmung als derjenigen der Lichtstärke, ihr Farbensinn wird überflüssig. Man geht daher kaum fehl, wenn man annimmt, dafs die Zapfen es sind, welche die Farbenwahrnehmung vermitteln, während die Stäbchen nur der Intensitätsempfindung dienen. Prof. König aber hat gemeinsam mit Dr. Zumpf konstatiert, dafs bei der Farbenwahrnehmung sogar die oberste Schicht der Netzhaut, die Pigmentschicht, beteiligt sein mufs. Die Versuche ergaben, dafs Objekte von verschiedener Farbe in verschiedener Tiefe der Netzhaut bemerkt werden müssen; für rote und blaue Strahlen fand man

und ein Innenglied; diese sind zwar vollkommen durchsichtig, aber das Aufsenglied zeichnet sich durch ein gröfseres Lichtbrechungsvermögen aus. Die Zapfen sind kürzer als die Stäbchen. Die Aufsenglieder sind nun — wie die nähere Untersuchung lehrt — aus einer Reihe kleiner Platten zusammengeschichtet, in die sie leicht zerlegt werden können (Fig. 1). Hier ist es offenbar, wo das Licht angreift, um zum Zentrum des Bewufstseins weiter geführt zu werden und dort zur Wahrnehmung zu gelangen. In welcher Weise haben wir uns aber jene Einwirkung der Strahlen auf die Stäbchen und Zapfen zu denken? Sollen wir an ein Mitschwingen derselben glauben, wie es wohl bei den von Schallwellen angeregten Cortischen Organen des Ohres geschieht, so müfste sich dasselbe in der Sekunde hunderte von Billionen mal vollziehen, denn so oft schwingt der Äther hin und her, wenn er die Wahrnehmung des Lichtes hervorbringt. Oder setzt sich die Energie des Lichtes hier in eine andere um, wie etwa die gehemmte mechanische Arbeit oder die elektrische Energie sich in Wärme umzusetzen pflegt? Von den Vorgängen, die beim Sehen wirklich stattfinden, sind nur zwei sicher erkannt. Der eine betrifft den Sehpurpur, jenen eigentümlichen roten Farbstoff, in welchen die Aufsenglieder der Stäbchen eingebettet sind. Dieser wird nämlich unter dem Einflusse des Lichtes zerstört, indem er sich erst gelb umfärbt und schliefslich ganz farblos wird. Also gehen offenbar in der Netzhaut beim Sehen chemische Prozesse vor sich, die mit der Zersetzung der Silbersalze in photographischen Platten analog sind. Die gebleichten Stäbchen sind ihrer Purpurfarbe freilich nur momentan beraubt und nehmen, nachdem sie nur kurze Zeit im Schatten lagen, ihre alte Färbung wieder an. Die zweite sicher bekannte Thatsache bezieht sich auf elektrische Ströme, die in der Netzhaut stattfinden und die sich ändern, sobald das Auge durch Licht gereizt wird. Prof. Dewar und Mc Kendrick haben vor einigen Jahren der Edinburger kgl.

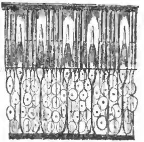


Fig. 1.

den Tiefenunterschied so grofs, dafs die eine wahrnehmende Schicht die pigmentierte sein mufs. Dies stimmt mit der jüngst von einem englischen Anatomen gefundenen Thatsache, dafs in der Pigmentschicht Kügelchen vorkommen, die von den Stäbchen und Zapfen aus zu einem Geflecht von Nerven vereinigt sind. (Nature, Mai 28, 1896.)

Ges. der Wiss. einige hierher gehörige Versuche mitgeteilt.[7]) Verbindet man die Hornhaut eines ausgeschnittenen Auges mit der Mitte des Querschnittes des Sehnerven und schaltet ein Galvanometer in den Draht ein, so ist es nicht schwer, einen elektrischen Strom von bestimmter Stärke in ihm nachzuweisen. Belichtung des Auges, das vorher beschattet war, ändert diesen Strom, und dieselbe Wirkung hat die erneute Beschattung. Hiernach hat es den Anschein, als ob die Lichtreizung der Netzhaut in der Auslösung eines elektrischen Stromes daselbst bestehe. Diese Analogie wird auch nahe gelegt, wenn man sich den Aufbau der Aufsenglieder der Stäbchen und Zapfen genauer ansieht. Dann fällt nämlich eine grofse Ähnlichkeit mit dem elektrischen Organ gewisser Fische in die Augen, wie des Zitterrochen. Dieses erfüllt dort einen bedeutenden Raum; es besteht aus Säulen, die ihrerseits wieder aus über einander geschichteten Platten zusammen-



Fig. 2.

gesetzt sind. Sein Aufbau läfst sich etwa mit demjenigen der Basaltsäulen im Giants Causeway[8]) an der Nordküste Irlands vergleichen, nur sind beim Zitterrochen die Platten zahlreicher und ihre Oberflächen nicht gekrümmt. Dies ist das Werkzeug, mit dem die Fische ihre elektrischen Schläge austeilen. Man hat diese Platten auch schon früher mit denjenigen einer Voltaschen Batterie verglichen, und die Ähnlichkeit einer dieser Säulen mit einer solchen ist in der That schlagend. Wie eine dieser Säulen geladen und entladen wird, wissen wir nicht, und nur soviel sind wir berechtigt anzunehmen, dafs das vom Willen des Tieres irgendwie abhängig ist. Hiernach wird die Vermutung verstärkt, dafs diese Aufsenglieder der Zapfen und Stäbe — welchen im besonderen neuere Physiologen die Rolle der perzipierenden Organe zuerteilen — sich wie eine mikroskopische Batterie verhalten, welche durch Belichtung und Beschattung geladen und entladen werden kann. Wenn Stokes freilich meint, dafs der Sehpurpur

[7]) G. G. Stokes, dem wir hier folgen, in einer im Viktoria-Institut 1895 gehaltenen Rede über die Lichtwahrnehmung (Nature 1895 Vol. 53 p. 66).

[8]) Uns sind durch Abbildungen diese Bildungen bei der Fingalshöhle vertrauter.

es ist, welcher die Bildung und Abänderung solcher Ströme vermittelt, so müssen wir dem widersprechen, weil schon Holmgren den Nachweis geführt hat, dafs die Netzhautströme nicht an das Vorhandensein des Sehpurpurs gebunden sind. Wir halten vielmehr die Zersetzung des Sehpurpurs für einen sekundären Vorgang, der zwar auch direkt durch das Licht hervorgerufen wird, aber die elektrischen Ströme nicht beeinflufst. Schon dieser Umstand scheint uns vielmehr auf eine andere Erklärung hinzudeuten. Wir wissen heute, dafs das Licht selbst ohne Vermittelung chemischer Prozesse elektrische Ströme erzeugt. Jedes Licht — nicht blofs das ultraviolette nach Hallwachs' Entdeckung — hat die Fähigkeit, einer Kathode ihre negative Elektrizität zu entziehen. Da in der Netzhaut ein elektrischer Strom nachgewiesen ist, so liegt wenigstens die Möglichkeit vor, dafs die Kathode dieses Stromes bei ihrer Bestrahlung geschwächt wird und damit ein Strom erzeugt wird, wie ihn die Versuche zeigen.[9]) Dagegen hat Stokes wohl recht mit einer anderen Mutmafsung in Bezug auf den Sehpurpur. Wir sahen denselben schnell bei Belichtung und Beschattung sich ändern. Er gleicht damit jenen Salzen, die nach der Belichtung im Dunkeln zu leuchten fortfahren. In einigen Fällen, wie z. B. bei Chininsalzlösungen, hört diese Wirkung ähnlich wie beim Sehpurpur fast unmittelbar auf, nachdem das Licht beseitigt ist, und genau so geschwind hört die Gesichtswahrnehmung auf, wenn die Belichtung zu Ende ist.

Es liegt sogar nahe, bei dem Aufleuchten solcher Salze an einen elektrischen Vorgang zu denken. Wenigstens hat Bandrowski[10]) für gewisse beim Krystallisieren eintretende Lichterscheinungen elektrische Vorgänge verantwortlich gemacht. Bekanntlich fafst man beim heutigen Stande der physikalischen Chemie die Lösung eines Salzes so auf, dafs dabei zugleich eine Trennung desselben in zwei „Jonen" eintrete, die dann beim Krystallisieren wieder vereinigt werden, und zwar unter elektrischen Lichterscheinungen. Beim langsamen Krystallisieren hat B. keine Wirkung gefunden, wohl aber hat er, wenn er z. B. das Krystallisieren einer Kochsalzlösung durch Zusatz von Salzsäure oder Alkohol beschleunigte, im dunklen Zimmer und bei ausgeruhten Augen jene Lichterscheinungen stets wahrgenommen.

Sm.

[9]) Ähnlich wie in der lichtempfindlichen Zelle von Elster und Geitel, die in der Urania gezeigt wird.

[10]) Ztschr. f. phys. Chemie 1894 XV, 323.

Die Rotation der Sonnenatmosphäre ist kürzlich von Jewell auf Grund der Ausmessung einer grofsen Zahl von Photographieën des Sonnenspektrums studiert worden. Dabei will der genannte Astronom einer vorläufigen Mitteilung[1]) nach die bemerkenswerte Entdeckung gemacht haben, dafs die äufseren Schichten wesentlich schneller rotieren als die der Photosphäre näher liegenden inneren und dafs auch die Verschiedenartigkeit in der Rotationsgeschwindigkeit verschiedener Breiten in diesen höheren Atmosphärenschichten noch weit stärker hervortrete als in denjenigen Schichten des Sonnenballs, denen die Fleckenbildungen angehören.

Konzentrierte Sonnenwärme. Nach einer Mitteilung von Prof. Ceraski[2]) hat derselbe mittelst eines versilberten Glas-Hohlspiegels eine Temperatur von etwa 3500° C. durch blofse Sammlung der auf den Spiegel auffallenden Sonnenstrahlen erzielt, während die Sammlung der von einem elektrischen Lichtbogen ausgesandten Strahlen bei einer dem scheinbaren Sonnendurchmesser gleichen Länge des Lichtbogens nur eine Temperatur von rund 100° C. ergab. Dieser Versuch läfst uns einen Rückschlufs gewinnen auf die unvergleichlich viel höhere Temperatur der Sonne, von deren Strahlung durch den Hohlspiegel doch nur ein verschwindend winziger Bruchteil aufgefangen werden kann. F. Khr.

Mond- und Sternenlicht. Auf photographischem Wege hat kürzlich Kapitän Abney die Helligkeiten des Mondlichtes und der gesamten Sternenstrahlung mit dem Lichte einer Normalkerze verglichen. Als Ergebnis dieser Versuche stellte sich heraus, dafs die durch den im Zenith stehenden Vollmond erzeugte Helligkeit gleich derjenigen von 0,308 Normalkerzen in 1 Fufs Abstand ist, während die optische Helligkeit des Mondlichtes nach Zöllners Messungen nur 0,012 Normalkerzen beträgt. Daraus folgt, dafs das Mondlicht photographisch vielmals wirksamer ist als optisch, was übrigens früher bereits auch für das Sonnenlicht ermittelt war, und es erklärt sich dadurch das überraschend gute Gelingen photographischer Aufnahmen bei Mondschein unter entsprechend verlängerter Expositionsdauer. — Auch bei

[1]) Astronomy and Astrophysics, August 1896.

[2]) Annales de l'observatoire de Moscou. Tome III.

Abwesenheit jedes Mondscheines ist eine sternklare Nacht bekanntlich längst nicht so dunkel wie eine bewölkte, da die zahlreichen Sterne vereint immerhin eine gewisse Helligkeit hervorzurufen im stande sind, sodafs ja auch Fixsternaufnahmen bei übermäfsig langer Belichtung verschleiern. Abney fand nun, dafs die auf einer horizontal liegenden Platte durch die Sternenstrahlung hervorgerufene Helligkeit etwa gleich derjenigen von 0,0015 Normalkerzen in 1 Fufs Abstand anzunehmen ist. Unter Berücksichtigung des schiefen Auftreffens der Strahlen von tiefer stehenden Sternen sowie der durch die gröfsere atmosphärische Absorption bedingten Abschwächung würde sich dieser Betrag für senkrechte Incidenz und die Absorption im Zenith auf 0,006 Normalkerzen erhöhen. Immerhin beträgt sonach die thatsächlich durch die Sterne allein erzeugte Helligkeit nur den zweihundertsten Teil des Vollmondscheines. F. Kbr.

Bibliographisches

Neumayr: Erdgeschichte. 2. Aufl. von Uhlig. 2 Bde. 672 u. 700 S. Mit vielen Abbildungen, Farbendruck- und Holzschnitttafeln sowie 4 Karten. Leipzig 1895, Bibliograph. Institut. Gbd. M. 32.

Das unter weiten Gesichtspunkten angelegte Werk des der Wissenschaft leider zu früh entrissenen Neumayr liegt in einer neuen Auflage vor. Diese zeugt von ähnlichem Geschick in der Abfassung wie die erste und ist ganz im Geiste des ursprünglichen Autors besorgt. Wie es letzterem hauptsächlich darum zu thun war, für die Natur zu begeistern und zu ihrer Beobachtung anzuregen, so hat auch U. dieses Prinzip festgehalten und auch sonst N.'s Eigenart bewahrt. Gleich ihm sucht er unter vorsichtiger Prüfung der Theorien das Wahrscheinliche zu gewinnen und von möglichst vielen Seiten zu beleuchten, ohne durch zu viele Einzelheiten zu ermüden; auch ihm erscheint es zweckmäfsig, durch Veranschaulichung die Erkenntnis zu fördern und Winke für eigene Beobachtungen zu geben. Daher ist das bildliche Beiwerk recht passend gewählt und sehr reichlich, der konkreten Beispiele sind noch mehr als in der 1. Auflage. Nur da sind Änderungen vorgenommen, wo es durch die inzwischen vorgeschrittene Forschung notwendig erschien. So behandelt U. in etwas erweitertem Umfange auf teilweis umgestalteter Grundlage die Geschichte und die vermutlichen Ursachen der Veränderungen des Erdganzen.

Die beiden Hauptteile sind: I. Allgemeine, II. Beschreibende Geologie. In einem knapp gefafsten Rahmen wird ein klares Bild von der Erde in kosmischer und geophysikalischer Hinsicht entworfen. In einem folgenden Hauptabschnitt sind im einzelnen die Erscheinungen des Vulkanismus, die Erdbeben und ihre Untersuchungsmethoden, die Ursachen der Gebirgsbildung, das Alter der Festländer, die Wirkung von Wasser und Luft besprochen. Daran schliefst sich die Entstehung der Schicht-, Massen- und krystallinischen Gesteine. Den Kalkbildungen ist mit Recht viel Raum gewidmet. Soweit I. Den Hauptinhalt von II bildet die Entstehung und Aufeinanderfolge der Formationen und eine detaillierte Beschreibung der Pflanzen- und Tierarten nach ihrem Alter innerhalb jener. Dieser schwierige Teil verrät Meisterschaft der Behandlung des fast erdrückenden und doch klar gesichteten und passend ausgewählten Stoffes. Sehr genaue Abbildungen erleichtern das Eindringen in dieses weite Gebiet. Klimatische Veränderungen in den Erdperioden sind eingehend erörtert; sehr gut orientierend ist ein längerer Abschnitt über Bau- und Bodenzusammensetzung insbesondere Deutschlands. Den Schlufs bildet das Kapitel von der Lagerung und Gewinnung nutzbarer Mineralien.

In dem Werke ist in jeder Hinsicht der heutige Standpunkt der Wissenschaft vertreten, so dafs es einen bleibenden Wert besitzt. Neben der musterhaften Darstellung verdienen die Illustrationen alle Anerkennung sowohl hinsichtlich der Auswahl als der Ausführung. Die Verlagsanstalt hat alles auf-

geboten, die äufsere Ausstattung der inneren Gediegenheit gleichwertig zu machen. Trotzdem ist der Preis des Werkes ein sehr niedriger; daher ist die Anschaffung einem jeden, der sich für die Entwickelungsgeschichte unseres Planeten interessiert, sehr erleichtert, und er wird reichlichen und dauernden Genufs in dem Studium finden. Koedderitz.

„Röntgens Entdeckung".

(Eine Erwiderung.)

Im Augustheft 1896 der Zeitschrift „Himmel und Erde" hat Herr Dr. Spies (auf Seite 535—536) meine unter obigem Titel als Heft 4 der „Fragen des öffentlichen Lebens" (Kritik-Verlag, Berlin, Hedemannstr. 9) erschienene Schrift einer Besprechung unterzogen und dabei mehrere der darin entwickelten Ansichten angegriffen, ohne eine wissenschaftlich begründete Widerlegung zu erbringen, während ich selbst für alles, was ich behauptet oder gefolgert habe, eine eingehende, auf Thatsachen sich stützende Begründung gegeben habe. Hielt Herr Dr. Sp. meine Gründe nicht für stichhaltig, meine Schlüsse für falsch, so mufste er dies im Interesse der wissenschaftlichen Erkenntnis zu beweisen versuchen. Leider hat er das nicht gethan, sondern statt dessen in aburteilender Form über die in meiner Schrift enthaltenen Ausführungen sich hinweggesetzt. Was soll z. B. die Bemerkung, dafs Dr. Dreher, für dessen Ansicht von der Existenz chemischer Strahlen ich eingetreten bin, mein Freund ist? Dafs ich mit dem genannten Forscher gemeinsam wissenschaftlich arbeite, geht aus der Darstellung in meiner Schrift hervor (kann wohl auch kaum getadelt werden), nicht aber — was Herrn Dr. Sp. auch sonst nicht bekannt sein dürfte —, dafs Dr. D. mein Freund ist. Die Erwähnung der Freundschaft war also — in einer wissenschaftlichen Rezension — nicht am Platze; es handelt sich für mich sowohl wie für Herrn Dr. D. bei unseren Arbeiten lediglich um die Erforschung wissenschaftlicher Wahrheit. Wenn wir irren — und wir halten uns gewifs nicht für unfehlbar —, möge man es uns beweisen; blofse abweisende Bemerkungen schaden dem Ernste der Sache, die in Frage steht.

Mancherlei Unrichtigkeiten in der Rezension des Herrn Dr. Sp. erfordern es — im Interesse der Wissenschaft und der Wahrheit, der allein ich dienen möchte —, dafs ich etwas näher auf einzelne Punkte meiner von Herrn Dr. Sp. bemängelten Ausführungen eingehe.

Herr Dr. Sp. sagt, dafs sich aus der Annahme dreier Strahlenarten (Lichtstrahlen, Wärmestrahlen, chemische Strahlen) „sonderbare Folgerungen" ergeben; „z. B. gehen die Lichtstrahlen durch eine Äskulinlösung unverändert hindurch . . . ." — Meint Herr Dr. Sp., dafs dies Verhalten der Äskulinlösung gegenüber dem, was wir Licht nennen, eine Folgerung aus einer Annahme ist, so irrt er; es ist eine Thatsache, die jeder beobachten kann, der den fraglichen Versuch macht. Übrigens habe ich nicht gesagt, dafs die Lichtstrahlen unverändert hindurchgehen, sondern nur, dafs alle Farbentöne des Sonnenlichtes nach wie vor da sind — die Intensität wird verändert.

Nach dem Gesagten ist es ebenfalls falsch, wenn Herr Dr. Sp. das Experiment mit Äskulinlösung eine „Behauptung" nennt.

Herr Dr. Sp. folgert aus diesem Experiment, welches er nicht zu kennen scheint, dafs photographische Dunkelkammern (d. h. Dunkelkammern, in denen der Photograph bei Rubinlicht arbeitet) überflüssig werden würden, und es erscheint ihm diese Folgerung als etwas so Unmögliches, dafs er deswegen das Experiment und die wissenschaftliche Hypothese der Existenz chemischer Strahlen, die sich darauf stützt, verwirft. Statt dessen wäre es das rechte

wissenschaftliche Verfahren gewesen, dafs er geprüft oder wenigstens eine Prüfung seitens anderer abgewartet hätte, ob nicht wirklich photographische Dunkelkammern entbehrlich sind. Freilich darf man dann nicht, wie er meint, einfach „ein Glasgefäfs mit Äskulinlösung ans Fenster setzen“ — das hiefse oberflächlich verfahren; denn neben diesem Glasgefäfs würde unverändertes „Licht“ in den photographischen Arbeitsraum eintreten; vielmehr müfste das ganze Fenster durch ein genügend tiefes Gefäfs mit Äskulinlösung ersetzt werden.

Wenn Herr Dr. Sp. weiter sagt: „Da die sonst übliche Ansicht über ultraviolette Strahlen falsch ist, bedürfen die „chemischen Strahlen“ auch eines besonderen Entdeckers, so scheint hieraus hervorzugehen (da die „chemischen Strahlen“ das Photographieren bewirken), dafs es die Ansicht des Herrn Dr. Sp. ist, dafs nur die ultravioletten Strahlen photographisch wirksam sind. Das ist aber keineswegs der Fall, wie u. a. in Helmholtz „Handbuch der physiologischen Optik“ (2. Aufl. Seite 279 282) nachgelesen werden kann; sondern die photographisch am meisten wirksamen Strahlen treten im blau-violetten Teil des Spektrums auf.

Übrigens geht aus meiner Schrift nicht im geringsten hervor, dafs zuerst die „übliche Ansicht über ultraviolette Strahlen“ falsch ist, und deshalb — in zweiter Linie die „chemischen Strahlen“ einen Entdecker haben müssen, sondern: die chemischen Strahlen sind entdeckt worden, und daraus ergab sich die Unrichtigkeit der herrschenden Ansicht.

Herr Dr. Sp. stellt auch darin eine unrichtige Behauptung auf, dafs er sagt, „meine Ansicht ginge dahin, dafs wir es in den X-Strahlen mit Hittorfschen Kathodenstrahlen zu thun haben“. Ich habe vielmehr nur gesagt, „dafs es durchaus möglich und annehmbar ist, dafs die X-Strahlen .... mit den Hittorfschen Kathodenstrahlen übereinstimmen“. — „Es ist möglich und annehmbar“ — das heifst doch nicht, dafs ich selbst es unbedingt und zweifellos annehme, was auch daraus hervorgeht, dafs ich auch nach dieser Bemerkung die Frage nach der Natur der X-Strahlen als eine offene behandelt habe.

Dafs Herr Dr. Sp. meine Argumente oberflächlich nennt, mufs ich mir gefallen lassen. Es ist das ein Urteil von ihm, über das der Leser selbst entscheiden möge, nachdem er meine Schrift gelesen und meine Argumente geprüft hat. Merkwürdig bleibt es nur, dafs Herr Dr. Sp. seinerseits, wie ich schon im Anfang dieser Erwiderung betonte, überhaupt keine wissenschaftlichen Argumente vorbringt, um mich zu widerlegen. Warum denn nicht?

Wenn endlich Herr Dr. Sp. sagt, er „glaube mir versichern zu dürfen, dafs die von mir (und Dr. Dreher) geplanten Experimente (die übrigens inzwischen bereits zu einem Teil angestellt worden sind und befriedigende Ergebnisse gehabt haben — vgl. Pharmazeut. Zeitg. 1896, No. 37) uns dem Ziele der wissenschaftlichen Forschung (der Harmonie der Naturerscheinungen nachzuspüren) keinen Schritt näher bringen werden, so mufs ich erwidern, dafs es erstens bei wissenschaftlichen Fragen nicht auf ein „Glauben“ ankommt, und dafs mir zweitens die Autorität des Herrn Dr. Sp. nicht genügt, um auf seine blofse Versicherung hin, diejenigen Experimente, auf die mich wissenschaftliches Nachdenken führt, von vornherein aufzugeben oder zu verwerfen. Dr. K. F. Jordan.

Zu diesen Ausführungen des Herrn Dr. Jordan, die wir unverkürzt wiedergegeben haben, bemerkt unser Mitarbeiter Folgendes:

1. Ich gebe zu, dafs die Bezeichnung „Herr J. und sein Freund Dr.“ in einer wissenschaftlichen Rezension im allgemeinen nicht üblich ist. Dafs

ich von diesem Usus abwich, erklärt sich durch die nach meinar Meinung gänzlich ungerechtfertigte, günstige Beurteilung, welche Herr Dr. J. dan Dreherschen Arbeiten zu teil werden läfst; ich will selbstverständlich nicht sagen, dafs dies wider besseres Wissen geschehe. Von Röntgen heifst es (Seite 4): „Was hat denn R. gefunden? Dafs es gewisse Strahlen giebt, die unter besonderen Umständen, was bisher noch unbekannt war, chemische Wirkungen auszuüben vermögen. Ist das so unerhört? Grenzt das wirklich an's Wundorbare . . . ?"

Im Gegensatz dazu hat Herr Dr. D. eine Reihe wichtiger Entdeckungen gemacht, und die von ihm und Herrn Dr. J. unternommenen Untersuchungen, werden hoffentlich „von Neuem einen Schritt in der Erkenntnis der Harmonia der Naturerscheinungen thun".

Dafs gegenüber einer solchen Würdigung der Verdienste zeitgenössischer Physiker eine scharfe Kritik am Platze ist, dürfte wohl jeder zugeben. Ein Beispiel sei übrigens noch angeführt:

Auf pag. 12 wird die Enstehung der Körperfarbe durch auswählende Absorption richtig so dargestellt, dafs das weifse Licht teilweise in die nicht ganz undurchsichtigen Körper eindringe und zum Teil absorbiert werde; die Farbe, welche wir sehen, entspricht den übrig bleibendeu Bestandteilen. So „ist der Sachverhalt nach Dr. Eugen Dreher". — Ich habe bisher immer geglaubt, dafs wir über diese Verhältnisse durch Newton einigermafsen aufgeklärt worden seien.

2. Es wird mir im allgemeinen von Herrn Dr. J. der Vorwurf gemacht, dafs ich mit wenig Beweismaterial gegen seine Ausführungen ankämpfe. Auch das gebe ich zu, und auch das hat seinen Grund. Dr. J. sagt selbst, dafs sich für ihn die Unrichtigkeit der „herrschenden Ansicht" ergeben habe. In der That widerspricht denn auch seine Auffassung der optischen Erscheinungen — fast die ganze Optik kommt in Betracht — dem, was alle anderen Physiker zu wissen glauben. Da ist es nicht meine Aufgabe, die Physik zu retten, sondern die des Herrn Dr. J., sie Punkt für Punkt ihrer Irrungeu zu überführen. Und wie müfste er, um einen Kantischen Ausdruck zu gebrauchen, gepanzert auftreten, wie müfste er die Experimenta crucis ausgebildet haben! Was beweist denn das Experiment mit der Äskulinlösung? Zunächst garnichts, wenn, wie Herr Dr. J. in seiner Erwiderung sagt, neben einer Auslöschung der „chemischen" auch eine Schwächung der blauvioletten Strahlen stattfindet. Da ist es kein Wunder, wenn die chemische Wirkung ebenfalls geschwächt wird, und zwischen einer solchen Schwächung und einer völligen Vernichtung jener Wirkung giebt es offenbar keine scharfe Grenze. Meines Erachtens würde Herr Dr. J seine Ansicht nur dann bewiesen haben, wenn er bei zwei Expositionen im blauvioletten Teile eines Spektrums bei gleicher photometrisch gemessener Lichtstärke verschiedene Resultate erhielte, je nachdem die Äskulinlösung fehlte oder eingeschaltet ist. Natürlich bedürfte man im letzteren Falle einer stärkeren Lichtquelle. Ich bitte Herrn Dr. J. bei dieser Gelegenheit nicht wieder zu sagen, dafs ihm meine Autorität nicht genüge, um ihn zu Experimenten zu ermunterrn oder davon abzuschrecken.

Bisher scheinen mir aber die Beweise für seine Behauptungen noch nicht bündig genug, und ich gebe deshalb an, wie die Versuche angestellt werden könnten, damit sie im Falle des Gelingens beweiskräftig sind; es geschieht dies zunächst lediglich zu dem Zwecke, die Lücke in der J.schen Beweisführug aufzudecken. Mit anderen Worten, meine Auslassungen zielen nur dahin, einer Auffassung entgegenzutreten, die mir einerseits durchaus nicht begründet und andererseits sehr geeignet erscheint, Verwirrungen zu schaffen.

Ich habe durchaus nicht den Ehrgeiz, auf die Thätigkeit des Herrn Dr. J. einen Einflufs gewinnen zu wollen. Was soll überhaupt die Bemerkung, dafs ihm meine Autorität hierzu nicht genüge? Zumal in dem Munde eines Mannes, der so autoritätsfeindlich ist, wie Herr Dr. J., entbehrt sie jedes sachlichen Inhalts — sie ist nur eine freundliche Redewendung.

3. Nur kurz brauche ich wohl darauf hinzuweisen, dafs der von mir gebrauchte Ausdruck, man brauche (im Sinne des Herrn Dr. J.) „nur ein Gefäfs mit Äskulinlösung an's Fenster zu setzen" um eine photographische Dunkelkammer zu haben, selbstverständlich so gemeint war, wie Herr Dr. J. des weiteren auseinandersetzt. Immerhin ist der Ausdruck nicht korrekt, dürfte aber ebensowenig von einem einigermafsen Orientierten mifsverstanden werden, wie viele andere Ausdrucksweisen, deren man sich täglich bedient.

4. Dafs nur die ultravioletten Strahlen photographisch wirksam sind, „scheint" nach Herrn Dr. J. aus meinen Ausführungen hervorzugehen; es ist das weder meine Meinung, noch geht das aus dem von mir Gesagten hervor.

5. Ich kann schliefslich nicht umhin, mein „Urteil" betreffs der Oberflächlichkeit der Argumente des Herrn Dr. J. hier kurz zu begründen, und zwar gerade an demselben Beispiele, von dem in meiner Rezension die Rede ist. Ich erwähnte in derselben, dafs Herr Dr. J. die Röntgensche Annahme, seine Strahlen entständen in den von Kathodenstrahlen getroffenen Hindernissen, für eine unnötige Komplikation hält; sie könnten mit den letzteren übereinstimmen oder doch in ihnen als Bestandteil enthalten sein und sich innerhalb der Röhre durch den Magneten beeinflussen lassen, aufserhalb der Röhre aber nicht, „weil hier die dichtere Luft der Atmosphäre der Ablenkung hinderlich im Wege steht". Dieser selbe Passus war s. Z. in Anführungszeichen wiedergegeben, und auf ihn bezog sich vornehmlich jenes Urteil; denn ich meine, wenn man irgend einen Umstand auch nur hypothetisch als erklärendes Moment heranzieht, mufs man wissen, dafs derselbe auf die zu erklärenden Dinge einen Einflufs hat; sonst thut man besser, derartige Erklärungsversuche denjenigen von Röntgen nicht entgegenzustellen. Weifs denn Herr Dr. J. etwas über einen solchen Einflufs? In der Litteratur finden sich meines Wissens nur die Lenardschen Versuche, bei denen sich innerhalb weiter Grenzen ein solcher Einflufs der Dichte der Luft, in welcher sich die Kathodenstrahlen fortpflanzten, nicht ergab.

Meine Meinung über die Veröffentlichung des Herrn Dr. J. zu ändern, habe ich demnach keinen Grund, und ebenso steht es mit dem, was ich von den angekündigten Experimenten „glaube".

Es erscheint mir übrigens — offenbar wiederum im Gegensatze zu Dr. J. —, dafs man sich über das Ergebnis von Experimenten, welche noch nicht gemacht sind, niemals anders als vermutungsweise äufsern könne; das hat garnichts damit zu thun, dafs es bei wissenschaftlichen Fragen nicht auf ein „Glauben" ankommt.

Gegenüber der ganzen pomphaften Ankündigung komme ich mir vor, wie jemand, der da Berge kreifsen sieht und nun „glaubt", dafs das Resultat kein entsprechendes sein werde. Dr. P. Sp.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Die Nord- und Ostwände des Matterhorn von Zermatt.

Himmel und Erde.

Die Bedeutung der Südpolarforschung.

Von Prof. Dr. F. Hahn in Königsberg.

Für die Geschichte der Polarforschung ist die völlig verschiedene Anordnung der Landmassen in der nördlichen und südlichen Halbkugel von entscheidender Bedeutung geworden. Das nördliche Europa, Asien und Amerika reichen verhältnismäfsig nahe an den Schauplatz der arktischen Forschung heran. In Breiten, welche auf der südlichen Halbkugel erst von wenigen Fang- und Entdeckungsschiffen erreicht sind, wohnen in Norwegen noch fleifsige Fischer und Händler, bewegen sich jährlich Scharen von Touristen. Ja selbst Spitzbergens Name kommt im Reichskursbuch schon vor. Auch Island steht durchaus noch im Kreise der Kulturländer und wird gewifs in absehbarer Zeit die besonders für die Zwecke der Meteorologie so wünschenswerte telegraphische Verbindung erhalten. So günstige Verhältnisse wie im nördlichsten Europa, das an der klimatisch weitaus vorteilhafteren Seite des atlantischen Meeres liegt, treffen wir freilich weder in Amerika noch in Asien. Immerhin reicht auch in Sibirien die Menschengrenze wenigstens streckenweise an die Eismeerküste heran. Grönland besitzt europäische Ansiedelungen, die freilich mehr im Interesse der Eingeborenen als der Europäer noch forterhalten werden, und die weiten Einöden des nördlichsten Amerika werden nicht nur von pelzjagenden Indianern und einzelnen weifsen Jägern, Händlern und Missionaren durchzogen; sie sind auch schon dem Dampferverkehr geöffnet. Der Athabaskasee, der grofse Sklavensee, der Mackenzie haben in Baedekers Kanada ihren Platz gefunden. In 25 bis 30 Tagen können wir, Ineinandergreifen aller Anschlüsse vorausgesetzt, von Ottawa aus Fort Macpherson am Peel, einem Nebenflufs des Mackenzie, der dem Hauptstrom im Delta zufliefst, erreichen.

Vielleicht schon in kurzer Zeit wird die Schiffahrt bis an das Eismeer ausgedehnt werden können.

Alle diese Thatsachen sprechen dafür, dafs die materiellen und ideellen Beziehungen des Menschen, besonders des Europäers zur arktischen Welt ziemlich weitgreifende sein müssen. Rein wissenschaftliche Gesichtspunkte konnten zwar erst im 19. Jahrhundert in ihr Recht treten, an Nordpolfahrten aber, die meist die Ausbeutung der jetzt immer mehr zusammenschwindenden arktischen Tierwelt zum Zweck hatten, fehlte es seit Jahrhunderten nicht. Man denke nur an die Schilderungen, welche Moritz Lindeman im 26. Ergänzungsheft zu Petermanns Mitteilungen von der arktischen Fischerei der deutschen Seestädte im 17. und 18. Jahrhundert entworfen hat.

Die gröfsten und denkwürdigsten Expeditionen aber, die bis in das 16. Jahrhundert zurückreichen, hatten andere, mehr geographische, wenn auch vorwiegend im praktischen Handelsinteresse erstrebte Ziele. Die ersten spanischen Entdecker in Amerika glaubten bekanntlich die Ostküste Asiens oder doch ihr vorgelagerte Inseln erreicht zu haben. Als dieser nur zögernd und ungern aufgegebene Glaube völlig preisgegeben werden mufste, klammerte man sich mit grofser Hartnäckigkeit an die Idee, es müsse doch irgendwo eine Durchfahrt zu finden sein, die einen günstigen Zugang zu den chinesischen und indischen Meeren und damit zu den Ländern gewaltig überschätzter Reichtümer eröffnen könnte. Die Geschichte der nordwestlichen Durchfahrt in allen ihren Einzelheiten und oft überraschenden Wechselfällen zu verfolgen, würde eine anziehende, bisher noch nicht recht in Angriff genommene Aufgabe sein. Es giebt kaum eine Gegend Amerikas, in der nicht das Trugbild einer angeblichen Durchfahrt vorübergehend auftauchte. Erinnert doch z. B. der Name der kleinen kanadischen Stadt Lachine an abenteuerliche Versuche des 17. Jahrhunderts, einen Weg nach China zu finden.

Als jede Hoffnung schwand, in wärmeren Zonen das ersehnte Ziel zu erreichen und als man die unwirtliche Natur der Polarzone, in der allein das Suchen noch Erfolg zu versprechen schien, besser erkannte, wurden die Durchfahrtsexpeditionen immer mehr zu rein wissenschaftlichen Unternehmungen. Als um die Mitte unseres Jahrhunderts das lange erstrebte Ziel endlich erreicht wurde, hatte die nordwestliche Durchfahrt allen praktischen Wert verloren. Ihre Rolle ist in gewissem Sinne von den grofsen Überlandbahnen übernommen worden, welche den Weg nach China in ganz anders wirksamer Weise abkürzten, als es der eisigen Nordwestpassage jemals möglich wäre.

Dafs trotzdem die Hoffnungen auf eine Verwertung nördlicher Meeresteile noch nicht gänzlich aufgegeben sind, beweisen die wiederholten Versuche, einen direkten Seeverkehr nach der Westküste der Hudsonsbay ins Leben zu rufen.

Mit der nordöstlichen Durchfahrt steht es ganz ähnlich. Auch



11,3

11,3

Karte der Südpolarregion.

hier wurden zahlreiche Expeditionen durch die Hoffnung hervorgerufen, vom nördlichen Rufsland oder westlichen Sibirien aus eine Meeresstrafse oder doch günstige Flufswege zu finden, die nach China führen könnten. Auch hier flüchteten sich die Hoffnungen in immer fernere und unwirtlichere Zonen, auch hier wird die Aufgabe, welche die endlich entdeckte nordöstliche Durchfahrt nicht erfüllen kann, von einem Landweg, der grofsen sibirischen Eisenbahn, übernommen werden.

Wenden wir uns nun zur antarktischen Welt, so treffen wir hier ganz andero Verhältnisse. Die Nachforschungen nach einer Durchfahrt in das Stille Meer führten schon im 16. Jahrhundert zur Auffindung der Magelhaensstrafse; bald wurde auch ermittelt, dafs südlich von dieser Strafse nur noch die Inselwelt des Feuerlandes liegt. Aber die Reisen nach dem äufsersten Süden Amerikas lieferten für die Kunde der Polarwelt keine Ergebnisse, wir befinden uns an Amerikas äufserster Klippeninsel kaum in der Breite von Memel; das südlichste Stück der Südinsel Neuseelands liegt in mitteleuropäischen Breiten, die Südspitze Afrikas würde, nach der nördlichen Halbkugel verlegt, kaum den äufsersten Süden Europas berühren. Jenseits dieser drei zugespitzten Landmassen aber dehnt sich öde und sehr inselarm das Südmeer aus. Hierdurch schon ist die Südpolarregion dem Gesichtskreiso des Menschen und zumal des Europäers sehr fern, „mondfern“, wie Carl Ritter zu sagen pflegte, gerückt. Während die Eskimos und auch einzelne der Nomadenstämme Nordasiens weite Wanderungen in der Polarregion unternahmen, hören wir nirgends davon, dafs Feuerländer, Tasmanier oder Hottentotten jemals über ihre gleichsam in das Unermofsliche hinausgeschobenen Kontinentalvorsprünge nach Süden hinausgestrebt hätten.

Merkwürdigerweise hat sich aber die Weltanschauung der Europäer an wenige Dinge so schwer gewöhnen können als an die Thatsache einer weit überwiegenden Wasserbedeckung der Erde. In der Kosmographie der Alten hatte das gemäfsigte bewohnbare Australland schliefslich eine gesicherte Stellung eingenommen. Konrad Kretschmer hat in der Berlinor Festschrift zur Entdeckung Amerikas die Geschichte der Lehre von der südlichen Ökumene eingehend erörtert. In fernen, halb mythischen Inseln der südlichen Ozeane, wie z. B. schon in Ceylon, glaubte man Vorsprünge des Südlandes zu erblicken. Aus dem Altertum zog sich die Ideo des Australlandes in das Mittelalter hinein. Als endlich die Entdeckungen auf die südliche Halbkugel hinübergriffen, meinte man noch lange in jeder dort auftauchenden Küste ein Stück des Südlandes zu erkennen. Es waren einmal teleologische Gründe, die zu dieser Annahme führten, indem man glaubte, dafs es der Weisheit des Schöpfers nicht entsprechen könne, wenn die weiten Südräume leer blieben; ferner mathematische, da die Stabilität des Erdballs gefährdet schien, falls die bedeutenden Landmassen des Nordens nicht durch ähnliche in der Nähe des Südpols im Gleichgewicht gehalten würden. Ganz seltsam müssen uns die Lehrmeinungen einzelner Gelehrten erscheinen, welche die Verteilung der Landmassen auf

der Erde mit der Verteilung der Geetirne am Himmel in Beziehung bringen wollten. Weil seche Tierkreiszeichen und die Hälfte der gröfseren Sternhilder dem südlichen Himmel angehëren, eo meinte man, müsse es im Süden eo viel feetee Land gehen wie im Norden. Es scheint, dafs man vom 16. his 18. Jahrhundert das Südland den Südpol eelbst umlagern liefe, während Altertum und Mittelalter eher an eine südliche, gegen den Südpol hin wieder durch den Oceanus begrenztc Weltinsel dachten.

Als französische Seefahrer durch Zufall einige Inseln zwiechen dem 50. und 60.° e. Br. gesehen hatten, erhielt der Glauhe an die terra auetralie nechmals neue Nahrung, hie Cook auf eeiner zweiten Reise mit Sicherheit nachwies, dafs wenigstene nördlich vom südlichen Pelarkreiee kein gröfeeres Land vorhanden eein könne. Wenn der Südkentinent exietierte, mufste er in sehr hohen Breiten liegen. Da aher keine Anzeichen gefunden waren, welche die Exietenz auch eines solchen Südlandee wahrseheinlich maehten, da aufeerdem die Sehilderungen Cooke die ganze Südpolarzone noch viel unwirtlicher erscheinen liefsen als den hohen Nerden, so war gerade die an sioh glänzende Südpelreise Coeke die Hauptveranlassung, dafs die antarktieche Forschung, da ein grofses Ziel zu mangeln schien, auf lange Zeit hinaue gänzlich stockte. Erst zwischen den Jahren 1820 und 1845 verzeichnen die Karten wieder zahlreiche Schiffskurse in hohen südlichen Breiten. Aher wir dürfen nicht vergessen, dafs die meisten dieeer Reieen nicht als eigentliche Südpolarexpeditionen anzusehen eind. Balleny, Weddell, Kemp u. a., so Verdienetliches sie auch geleistet hahen, waren dech in erster Linie „Fangmänner“, und die grofsen Expeditionen von Bellingshausen, Dumont d'Urville und Wilkes galten ehensosehr der Erforechung der Südeee und ihrer Ineeln wie der eigentlichen antarktieehen Zone. Nur allein James Clarke Rofe' sehr glückliche und bis heute auch nicht annähernd erreiohte, geschweige übertroffene Expedition kann als eine echte, rein wissenschaftliche Südpolarfahrt betrachtet werden. Sie wurde hauptsächlich unternommen, um in hohen eüdliohen Breiten magnetische Beohachtungen anzustellen. Die 1838 in Newcastle versammelte British Aesociation hatte den letzten Anetofs zu dieeer auegiebigen Beteiligung Englands an den damals durch Gaufs, Weber, Humboldt und Sahine eehr in den Vordergrund gerückten magnetischen Beohachtungen gegehen. Aher nicht blofs für die Wissenschaft vom Erdmagnetiemus hrachte Rofe' Expedition reichen Gewinn, Hookers denkwürdige Forschungen hereicherten die Pflanzengeographie in

kaum erwarteter Weise, und auch für die topographische Erforschung des hohen Südens wurde durch den freilich kurzen, nicht mit einer Landung verknüpften Besuch des Viktorialandes, sowie durch Forschungen an den Inselgruppen im Süden Amerikas Hervorragendes geleistet. Beschämend genug, ist die höchste damals erreichte Breite von 78° 10′ noch nicht übertroffen worden.

Dafs diese glänzende Expedition bis heute die letzte blieb, wurde durch ein Zusammentreffen verschiedener Umstände verschuldet. Das Verschwinden Franklins im arktischen Inselmeer rief zahlreiche, sehr kostspielige Expeditionen hervor; fast gleichzeitig begann auch die Afrikaforschung an die Geldmittel der Staaten und Vereine und die Arbeitskraft der Gelehrten hohe Anforderungen zu stellen. Auch in Deutschland brach eine kurze, hauptsächlich durch Petermann herbeigeführte Blütezeit für die Nordpolsache wie für die wissenschaftliche Afrikaforschung herein. Sie ging zu Ende, als die wachsende Kolonialbewegung Geldmittel und Interesse weiter Kreise für ganz andere Zwecke mächtig in Anspruch nahm. Für den Südpol blieb zunächst nichts übrig. Dazu kam, dafs gerade diejenigen Wissenschaften, welche den reichsten Gewinn von einer Südpolfahrt zu erwarten haben, noch sehr jung sind und sich erst in den letzten Jahrzehnten soweit entwickelt haben, dafs auch weiteren Kreisen zum Bewufstsein kommen mufs, wie dringend notwendig für den Fortgang der wissenschaftlichen Meteorologie, der Meereskunde, der Geophysik im allgemeinen, der Morphologie der Erdoberfläche, ganz besonders aber der Lehre vom Erdmagnetismus die endliche Erforschung der Südpolarräume geworden ist.

Wenn aber jetzt der antarktischen Forschung nach langem Harren bessere Zeiten hevorzustehen scheinen, so ist das nahezu ausschliefsliche Verdienst daran dem Manne zuzuschreiben, der seit fast vierzig Jahren nicht müde geworden ist, immer und immer wieder die Inangriffnahme der Südpolarforschung als eine dringende und unabweisbare Pflicht unserer Zeit zu fordern und zu begründen. Wer jemals in den letzten Jahrzehnten Geographentage besucht hat, der weifs, mit welcher Beredsamkeit und welcher tiefen wissenschaftlichen Überzeugung Georg Neumayer die Polarforschung wieder zu beleben suchte.

Die zahlreichen Abhandlungen und Vorträge Neumayers beschäftigen sich meist mit den Fragen des Erdmagnetismus und der Meteorologie, deren Beantwortung im hohen Süden aufgesucht werden mufs. Eine besonders ausführliche Darstellung hat Neumayer in seiner dem Bericht über den Londoner Geographenkongrefs von

1895 einverleibten Denkschrift gegeben. Wir werden daher nur weiter unten noch kurz auf diese Probleme zurückzukommen haben. Zunächst fragen wir: Was können wir aus den Ergebnissen der bisherigen Forschungen über die horizontalen und vertikalen Umrisse



Georg Neumayer.

und die morphologische Stellung der Südpolarländer — falls dieser Name überhaupt gestattet ist — lernen, und was haben wir von künftigen Entdeckungen zu hoffen?

Vor allem ist darauf hinzuweisen, dafs die Umrisse polarer

Länder, welche vielleicht nur eine einzige Expedition auf wenige Stunden durch Nebel und Schnee gesehen hat, unmöglich mit derselben Genauigkeit auf unseren Karten niedergelegt sein können, wie die Küsten häufig und unter günstigeren Verhältnissen besuchter Länder. Alle Polarfahrer berichten von den Täuschungen, welche die Strahlenbrechung hervorruft. Sie verleiht einer fernen Küste eine ganz phantastische Gestalt, so dafs erst durch längere Betrachtung aus verschiedener Entfernung und bei verschiedenen Witterungszuständen zu entscheiden ist, ob man es wirklich mit einem Berglande oder einem durch die Refraktion verzerrten flachen Küstenstreifen zu thun hatte. Bietet sich zu solchen Beobachtungen keine Gelegenheit wieder, so bleibt die Sache vielleicht für Jahrzehnte unentschieden und bringt Unsicherheit in die Karten. Noch schwerer ist oft zu ermitteln, ob das anscheinend gesehene Land wirklich Land war oder nur eine täuschende Eiswand, die sich ja immerhin an ein dahinter verstecktes Land anlehnen mochte. In einigen Fällen hat der Rauch der antarktischen Vulkane die Landentdeckungen aufser Zweifel gestellt. Nur wenige Südpolfahrer sind aber in der günstigen Lage gewesen, die wahrgenommenen Küsten auch zu betreten und Gesteinsproben mitzubringen. James Rofs war es nicht vergönnt, das durch die Höhe seiner Berge und deren vulkanische Natur allerdings unzweifelhaft genug gekennzeichnete Viktorialand, die glänzendste Entdeckung am Südpol, auch zu betreten. Erst Borchgrevink hat am 23. Januar 1895 am Kap Adare eine Landung ausgeführt und bei diesem leider sehr kurzen Besuch Gesteine gesammelt und sich von der Existenz einer kargen Kryptogamenflora überzeugt. Wir dürfen mit Sicherheit erwarten, dafs die Umrisse der antarktischen Küsten, wie sie unsere Karten jetzt zeigen, durch neue Reisen noch ganz erhebliche Veränderungen erleiden werden. Dazu kommt, dafs mehrere der älteren Reiseberichte widerspruchsvoll und nicht ausführlich genug sind, einige der antarktischen Reisewerke sind auch schon grofse bibliographische Seltenheiten.

Trotzdem aber können wir über die Verteilung und die morphologische Stellung der antarktischen Länder schon einige Ergebnisse, die auch von allgemeinerem Interesse sind, gewinnen.

Die Inselgruppen und Landspuren, welche bisher bekannt geworden sind, lassen sich in drei Gruppen teilen, die wir als die australische, amerikanische und afrikanisch-madagassische Gruppe bezeichnen können. Zur australischen Gruppe gehören besonders das Viktorialand, sowie die in ihrer Lage noch wenig gesicherten Land-

vorsprünge, die man als Wilkesland zusammenzufassen pflegt. Ob und wieweit sie mit dem Viktorialand zusammenhängen, ist noch ganz ungewifs. Man bezeichnet das Viktorialand wohl als antarktisches Festland, doch ohne hinreichende Begründung. Die zweite Gruppe umfafst hauptsächlich das sog. Grahamsland mit zahlreichen vorgelagerten Gruppen und Einzelinseln. Zur dritten bis jetzt am wenigsten erforschten Gruppe gehört die Enderby- und die Kemp-Insel. Ein etwaiger Zusammenhang zwischen der dritten und der ersten Gruppe wird durch den Vorstofs des „Challenger" im Jahre 1874 mindestens sehr unwahrscheinlich gemacht. Es fällt nun sofort auf, dafs die drei Gruppen im wesentlichen im Süden der drei Kontinente oder der grofsen, dieselben begleitenden Inseln liegen, während wir südlich vom Atlantischen und Grofsen — vielleicht auch vom Indischen — Ozean bis jetzt keine antarktischen Länder nachweisen können, wobei wir als selbstverständlich voraussetzen, dafs Gruppen wie Süd-Georgien und Kerguelensland nicht zu den eigentlichen antarktischen Ländern gezählt werden können, vielmehr isolierte Bruchstücke darstellen, wie sie sich, meist von vulkanischer Beschaffenheit, in allen Ozeanen finden.

Es scheint sonach, dafs sich die grofsen Unterbrechungen, welche die beiden Hauptozeane im Ring der Kontinente bilden, in die Südpolarwelt hinein noch fortsetzen. Der österreichische Geologe Richard v. Drasche hatte 1879 gemeint, es sei geologisch richtig, wenn man die Westgrenze des Grofsen Ozeans an den Ostrand Japans, der melanesischen Inselgruppen und Neu-Seelands verlegen, dann aber über die Auckland- und Macquarie-Gruppe nach dem nordsüdlich streichenden Ostrand des Viktorialandes verlängern würde. In der That ist es gewifs merkwürdig, dafs wir gerade im Süden des die australisch-asiatische Inselwelt in diesen Breiten nach Osten hin scharf abschneidenden Neu-Seeland die durch ihren Vulkanismus (s. u.) sehr ähnliche Landmasse des Viktorialandes treffen, der nach Osten hin eine gröfsere inselfreie Strecke vorliegt. Die spärlichen Landandeutungen im Südosten von Afrika liegen nahezu unter demselben Meridian wie Madagaskar und die vulkanische Gruppe der Mascarenen, welche den Westrand eines tiefen inselleeren Gebietes im Indischen Ozean bilden. Nebenbei möge bemerkt sein, dafs auch in der nördlichen Polarzone eine Fortsetzung des Atlantischen Ozeans in dem tiefen Meere zwischen Grönland und Spitzbergen, das mit der von Nansen entdeckten hocharktischen Tiefsee zusammenhängt, angedeutet ist. Der Grofse Ozean wird im Norden durch die starke Annäherung Asiens und

Amerikas fast abgeschlossen, nördlich von der Beringstrafse aber, wo allerdings neuere Forschungen noch in bedauerlicher Weise fehlen, zeigt sich eine deutliche Unterbrechung im arktischen Inselring, während wir im Norden Amerikas und Europa-Asiens zahlreiche Gruppen finden.

Die antarktischen Länder zeigen meist sehr stark gegliederte Umrisse. Die Inseln im Süden von Amerika besitzen recht deutliche Fjorde, weniger scheint dies beim Viktorialand der Fall zu sein. Auch im hohen Norden zeigen nicht gerade die nördlichsten bekannten Länder die stärkste Entwicklung des Fjordphänomens; es scheinen hier die reichlichen Niederschläge und die häufigen Temperaturwechsel zu fehlen, welche zu den wesentlichsten Bedingungen, wenn nicht der Entstehung, so doch der Erhaltung und weiteren Ausgestaltung des Fjordphänomens gehören. Die Küstenumrisse der Südpolarinseln werden aber unzweifelhaft vielfach durch Bruchlinien bestimmt. Wir befinden uns hier in einem ähnlichen orographisch und geologisch unruhigen Gebiet, wie es die drei grofsen Mittelmeere der Erde, ferner der Inselgürtel Ostasiens, die Umgebung von Madagaskar, teilweise auch die arktischen Inseln sind. Es kommen hier, wie in allen ähnlichen Gebieten in kurzem Abstande bedeutende Erhebungen über den Meeresspiegel und wohl auch bedeutende Seetiefen vor. Im Viktorialande erheben sich die Vulkane Erebus und Terror beträchtlich über 3000 m, ja der Mt. Melbourne und einige nördlichere Gipfel gegen Kap Adare hin scheinen 4000 m zu übersteigen. Die jedenfalls bedeutende Höhe dieser Berge ist auch von Borchgrevink bestätigt worden. Im Grahamland erreicht der Mt. Haddington 2148 m, der Mt. Foster auf der vorliegenden Smith-Insel 2010 m. Auch mehrere andere Landstücke werden als sehr hoch und bergig ausdrücklich bezeichnet. Was die Meerestiefen betrifft, so dürften uns hier wohl ähnliche Überraschungen bevorstehen wie im hohen Norden. War man früher der Ansicht, dafs in hohen Breiten beider Hemisphären die Meerestiefen denen der grofsen Ozeane im allgemeinen nachständen, so haben die Entdeckungen Nansens im höchsten Norden, aber auch schon die Lotungen des „Challenger“ im Süden des Indischen Ozeans bedeutendere Tiefen nachgewiesen. Unter 64° 37′ südl. Breite und 85° 49′ östl. Länge wurden 3294 m gelotet. Über die Meerestiefen noch höherer südlicher Breiten wissen wir so gut wie garnichts, nach Analogie sämtlicher anderer Bruchgebiete der Erde werden wir aber auch hier einzelne sehr tiefe, von hohen, vielfach vulkanischen Landmassen eingeschlossene Becken erwarten dürfen.

Als eine echte, u. a. unserem Mittelmeer ähnliche, Bruchregion vorrät sich die bis jetzt besuchte antarktische Inselzone durch ihre sehr lebhafte vulkanische Thätigkeit. Das Viktorialand besitzt grofsartigere Vulkangebiete als Neu-Seeland. James Rofs war es vergönnt, den Vulkan Erebus während einer Eruption zu beobachten. Die dichte Rauchsäule, selbst der Glutschein des Vulkans waren unverkennbar, auch kleine kegelförmige Seitenkrater waren vorhanden. Die Vulkanzone scheint sich noch bedeutend nördlicher auszudehnen; Borchgrevink sah in der Nähe des Kap Adare einen über 2000 m hohen Pik, der unzweifelhaft kurz vor 1895 einen Ausbruch gehabt hatte. Auf einem nahen Gletscher zeigten sich abwechselnde Schnee- und Lavaschichten. Die kleinen aber hohen Balleny-Inseln nördlich vom Viktorialande sind ebenfalls stark vulkanisch; Ballenys charakteristische Abbildung im Jahrgang 1839 des Journals der Londoner Geographischen Gesellschaft zeigt zwei von der kleinen Buckle-Insel aufsteigende Rauchsäulen. Die Inselwelt südlich vom Cap Hoorn besitzt ebenfalls sehr deutliche Vulkanspuren, das kleine Deception Island ist eine der schönsten bekannten Vulkanruinen, ein hufeisenförmiger Krater, in welchen das Meer eindrang. Der gröfste Teil der Insel scheint aus abwechselnden Schichten von Eis und vulkanischer Asche zu bestehen. Zahlreiche Fumarolen waren bei Kendals Besuch (1829) in Thätigkeit. Die arktische Inselwelt besitzt nicht entfernt so ausgeprägte vulkanische Gebiete; ein noch thätiger oder vor kurzem thätig gewesener Vulkan ist noch nicht entdeckt worden, wenn es auch an älteren vulkanischen Gesteinen, an Bruchlinien und Senkungsfeldern nicht fehlt. Island können wir nicht hierher rechnen, da es zu einer fast durch den ganzen Atlantischen Ozean zu verfolgenden Zone vulkanischer Thätigkeit gehört, welche sich allerdings vielfach nur durch häufige Seebeben und gelegentliche submarine Eruptionen verrät. Dieser Linie gehört nordöstlich von Island auch noch Jan Mayen an. Während der Grofse Ozean hauptsächlich an seinen Rändern Vulkanreihen zeigt, liegt eine solche beim Atlantischen Ozean mehr in der Längsachse des Beckens, fern von den Küsten der Kontinente.

Der lebhaften vulkanischen Thätigkeit des antarktischen Bruchgebietes dürften auch häufige Erdbeben entsprechen, deren gelegentliche Beobachtung hier ganz besonders lehrreich sein würde, da man sonst kaum die Möglichkeit hat, die Wirkungen gröfserer Erd- und Seebeben auf den Packeisgürtel und die treibenden Eisschollen zu studieren. Eine auffällige zeitweilige Vermehrung der nach niederen Breiten treibenden antarktischen Eisschollen kann ebensogut durch

heftige Erderschütterungen wie durch klimatische Veränderungen — die damit natürlich nicht in Frage gestellt werden sollen — erklärt werden.

Alles in allem müssen wir sagen, dafs die Auffindung eines grofsen, zusammenhängenden, geologisch und orographisch einförmig gebauten antarktischen Kontinentes wenigstens in niedrigeren Breiten als 80° nicht sehr wahrscheinlich ist. Viel eher dürfen wir darauf rechnen, noch weitere unregelmäfsig gestaltete gröfsere und kleinere Inseln mit hohen, teilweis vulkanischen Bergen zu finden, welche durch Meeresbecken von stellenweise bedeutender Tiefe von einander getrennt sind. Wie es in den höchsten südlichen Breiten aussehen mag, kann für jetzt noch ganz dahingestellt bleiben. Da es aber immer wahrscheinlicher geworden ist, dafs wir den Nordpol nicht auf einer Landmasse, wenigstens nicht auf einem gröfseren Kontinent, sondern in einem weiten Meer zu suchen haben, so kann man wohl auch die Vermutung aussprechen, dafs wir jenseits des antarktischen Inselringes wieder auf ausgedehnte Meeresflächen stofsen werden. Ein ganz anderes Bild hat z. B. Murray aufgestellt, einer der verdientesten Vorkämpfer der Südpolsache in England. Er läfst auf seiner Südpolarkarte die „Antarctica" direkt von Viktorialand und Wilkesland bis zum Grahamland, ja selbst bis zum Enderbyland hinüberreichen. Fricker dagegen, dessen ausgedehnte Studien über das antarktische Treibeis künftigen Expeditionen von grofsem Nutzen sein werden, ist zwar der Ansicht, dafs im Südpolargebiet ausgedehnte Landmassen vorhanden sind, läfst es aber zweifelhaft, ob sie einen Kontinent bilden oder nur einen gemeinsamen unterseeischen Sockel besitzen.

Was nun die auf und an den antarktischen Inseln zu machenden Funde aus der Pflanzen- und Tierwelt betrifft, so wird es gut sein, hier die gröfste Reserve zu beobachten. Vanhöffens sehr gut orientierender Vortrag auf dem Bremer Geographentag hält diesen Standpunkt auch fest. Borchgrevink jedoch ist in seinen Aufstellungen wohl etwas zu kühn gewesen. Infolgedessen trug die Diskussion, welche sich an seinen Londoner Vortrag anschlofs, einen Charakter leisen Humors, und die englischen Witzblätter brachten nach dem Kongrefs phantastische Zeichnungen der auf dem Südpolarkontinent zu entdeckenden riesigen Säugetiere. Es ist sicherlich sehr möglich, dafs auch die eine oder andere gröfsere zoologische Entdeckung gemacht werden kann, und es ist ebenfalls möglich — obgleich wegen des ungemein kühlen Sommers nicht in hohem Mafse wahrscheinlich — dafs auf den Südpolarinseln noch eine etwas

reichere Flora beobachtet werden und uns wertvolle Aufschlüsse über die Geschichte der Pflanzenwelt seit der Eiszeit oder gar seit der Tertiärzeit liefern kann. Aber wir dürfen unsere Erwartungen gerade in dieser Hinsicht nicht allzu hoch spannen, zumal wir sicher sein können, dafs schon jede bescheidenere Entdeckung aus diesen Erdräumen hohen Wert besitzen wird.

Mit viel gröfserem Recht darf die Geophysik in fast allen ihren Zweigen, darf ferner die Meteorologie, die Meereskunde und ganz besonders die Lehre vom Erdmagnetismus grofse Erwartungen von einer jeden, wenn auch kleineren Südpolexpedition und vollends von einer Überwinterung hegen. Es leuchtet ohne weiteres ein, dafs die in neuerer Zeit so sehr in den Vordergrund getretene Diskussion über die wirkliche, von mathematischer Regelmäfsigkeit wohl ziemlich weit abweichende Gestalt der Erde nicht zu einem befriedigenden Ziel gelangen kann, wenn es nicht gelingt, im hohen Süden eine gröfsere Anzahl von Pendelversuchen anzustellen. Nicht als ob damit gesagt werden soll, dafs der Stand unserer Kenntnis in den übrigen Erdräumen ein befriedigender sei, aber es sind doch fast überall Anfänge und Grundlagen vorhanden, während wir in dem weiten antarktischen Raum dem Nichts gegenüberstehen.

Sobald in unseren geographischen Lehrbüchern die Frage der Land- und Wasserverteilung auf der Erde berührt wird, finden wir einschränkende Bemerkungen über die Genauigkeit der Zahlen infolge der ungenügenden Kenntnis der Polarländer oder Versuche, den Mangel an Beobachtungen durch theoretische Erwägungen zu ergänzen. Aber nicht blofs die Erdbeschreibung sieht sich in der Erfüllung ihrer nächsten Aufgabe arg verkürzt, wenn sie noch heute nicht einmal genau angeben kann, wieviel Prozent der Erdoberfläche auf das Land kommen; diese Frage geht auch die Geophysik aufs dringendste an und streift einerseits an die Astronomie, andererseits an die Geologie.

Wenn wir eine Karte der Meeresströmungen zur Hand nehmen, etwa diejenige von Krümmel im neuen Debesschen Handatlas, so dürfen wir uns nicht durch die Regelmäfsigkeit und Bestimmtheit der Signaturen täuschen lassen. Der Kartenzeichner kann nicht anders verfahren, soll die Karte nicht alle Übersichtlichkeit verlieren. In Wirklichkeit beruht aber unsere Kenntnis der Meeresströmungen in denjenigen Meeren, welche vom Weltverkehr wenig oder gar nicht berührt werden, auf einer Summe von Einzelbeobachtungen sehr ungleicher Verteilung und sehr verschiedenen Wertes. Zwischen 40 und 60° Südbreite scheint eine allgemeine nach Osten gerichtete Bewegung der Gewässer statt-

zufinden. Was wir aber wissen möchten, ist, ob von dieser grofsen westöstlichen Strömung sich etwa Äste in das antarktische Gebiet hinein abzweigen. Diese Äste, deren einen man im südlichen Indischen Ozean in der Gegend der Kerguelen-Insel vermutet, würden wertvolle Zugangsstrafsen in das antarktische Meer bedeuten. Während wir über die Strömungen des arktischen Meeres doch schon einiges, wenn auch lückenhaftes und unzusammenhängendes wissen, lassen uns im Süden die Beobachtungen noch fast ganz im Stich. Ähnlich steht es auf den meisten anderen Gebieten der Meereskunde; man müfste das Inhaltsverzeichnis eines Lehrbuches ausschreiben, um alle diejenigen Kapitel zu nennen, welche von einer Südpolarfahrt die Ausfüllung wesentlicher, oft nicht blofs von der Meereskunde schmerzlich empfundener Lücken zu erwarten haben. Auch die wenigen älteren Reisen bieten hier nur mangelhafte Ausbeute, da viele Probleme, die uns heute interessieren, damals noch nicht in Frage kamen.

Nicht besser wie den ozeanischen Karten geht es den meteorologischen. Die bunten Linien, welche die Orte gleicher Jahres- oder Monatswärme verbinden, können südlich vom 50. Breitengrad nur auf Grund vereinzelter Beobachtungen gezogen werden und mufsten auf theoretischem Wege ergänzt werden. Wenn es nun auch wissenschaftlichen Deduktionen im allgemeinen wohl gelingen konnte, die Natur des Klimas hoher südlicher Breiten zu bestimmen, so würde man doch, wie Neumayer sehr treffend bemerkt, in ein Labyrinth von Irrtümern verfallen, falls man solchen Deduktionen einen die Forschung abschliefsenden Wert beilegen wollte.

Es giebt auch im Innern Asiens und Afrikas Gegenden, deren Klima uns sehr unvollkommen bekannt ist; hier sind wir aber weit eher und weit sicherer in der Lage, aus dem Verhalten benachbarter, besser bekannter Striche Schlüsse auf das Klima des ungenügend bekannten Restes zu ziehen; am Südpol aber fehlt uns diese Berechtigung gänzlich. Die weit mehr von Landmassen umgebene innere Nordpolarzone können wir durchaus nicht zum Vergleich heranziehen. In praktischer Hinsicht besitzt die bessere meteorologische Erforschung der Südpolarzone zunächst für die Schiffer Wichtigkeit, welche die südlichen Teile der drei Ozeane zu befahren haben. Es ist jedoch gar nicht unwahrscheinlich, dafs auch fernerliegende Meeresteile, ja selbst die Tropenzone durch das Verhalten der Südpolarzone und den nach den Jahrgängen und Klimaperioden wechselnden Charakter des Klimas derselben beeinflufst werden können. Machen sich doch umgekehrt die stark erhitzten Flächen des Innern von Australien ge-

legentlich bis nach Neu-Seeland und noch darüher hinaue hemerkbar. Je mehr sich die Einsicht in die meteorologischen Erscheinungen vertieft, deeto deutlicher sehen wir, dafs die einzelnen Klimazonen nicht Welten für eich darstellen, sondern dafs Wechselwirkungen stattfinden, deren Erforschung ganz besonders interessante und auch praktisch wichtige Ergebnisse verspricht.

Die Forschungen auf dem Gebiete des Erdmagnetismue werden jetzt viel allgemeiner und gerechter gewürdigt als noch vor einigen Jahrzehnten. Wenn noch Peschel in seiner Geechichte der Erdkunde schrieb, dafs die magnetischen Untersuchungen deehalb ein Ehrendenkmal unserer Zeit darstellen, weil kein anderer Gewinn in Aussicht stehe, ale das Verständnis der geheimnisvollen Erregungen der Magnetnadeln, „durch welche wohl schwerlich das Wohl uneeree Geechlechtes gefördert, oder ein Weh von ihm abgewendet werden möchte“, so können wir diesen Worten des grofsen Geographen doch nicht heistimmen. Einmal ist die genauere Kenntnis der magnetischen Erscheinungen für die Schiffahrt von höcheter Wichtigkeit, so dafe man wohl sagen kann, dafs sich mit jeder neuen Beohachtung die Sicherheit der Seefahrer um etwas steigert, dann aber handelt es eich längst nicht mehr um ganz isolierte Erscheinungen, welehe vielleicht einen kleinen Kreis von Gelehrten interessieren können. Die Verteilung der magnetischen Kräfte auf der Erde und die Änderungen, welche in dieser Verteilung stetig vor sich gehen, müssen mit dem äufseren und ganz heeonders dem inneren Bau der Erde eng zusammenhängen. Worin eigentlich dieser Zusammenhang hesteht und wodurch die säkulären Variationen der magnetischen Linien hervorgerufen werden, iet uns allerdings noch eo gut wie verborgen. Aber es kann keinem Zweifel unterliegen, dafs die einstige Enträtselung dieser Beziehungen einen der gröfsten Fortschritte auf dem Gehiete der gesamten Geophysik bedeuten wird. Ee sind deshalb die Geologen, die Geographen und auch die Aetronomen nicht weniger an der Weiterentwicklung dieser Forechungen interessiert als die Nautiker und die kleine Gruppe der Spezialforscher.

Nun wird aher jetzt von kompetenter Seite auedrücklich erklärt, dafe die endliche Erkenntnie des Wesene der erdmagnetischen Kraft wesentlich davon abhängt, dafs eine magnetische Aufnahme der Südpolar-Region durchgeführt wird. Ohne dieselhe ist ee ein hoffnungsloses Unternehmen, an der allgemeinen Theorie des Erdmagnetiemus weiter zu arbeiten.

Ich eollte meinen, dafe dieser Ausspruch Neumayers allein

schon hinreichte, um die dringende Notwendigkeit der Südpolarforschung ganz aufser Zweifel zu stellen. Hoffentlich werden die Expeditionen uns auch reiche Aufschlüsse über das Südlicht heimbringen. Gerade zur rechten Zeit ist eine umfassende, sehr fleifsige Studie W. Bollers über das lange arg vernachlässigte Südlicht erschienen und zwar in Gerlands Beiträgen zur Geophysik. Unsere Kenntnis des Südlichts beruht zumeist auf gelegentlichen Beobachtungen auf Schiffen. Solche Beobachtungen sind in der Zone von Kerguelen-Insel bis Neu-Seeland noch leidlich häufig, fehlen aber aus den beiden übrigen Ozeanen fast ganz. Von den südlichen Kontinenten kann nur Australien, das dem magnetischen Südpol am nächsten liegt, auf den häufigeren Anblick des Südlichts rechnen, in Afrika und auch in Amerika ist die Erscheinung sehr selten. Die älteren Expeditionsberichte liefern meist nicht grofse Ausbeute, da mehrere dieser Reisen in Zeiten fielen, in denen die Erscheinung, den Perioden der magnetischen Variation und der Sonnenflecke entsprechend, gerade ein Minimum hatte.

Knüpfen wir nun an unsere ersten Betrachtungen zum Schlufs wieder an. In sehr weiten Kreisen ist die Annahme verbreitet, als ob wegen der vorherrschenden Wasserbedeckung der Südhalbkugel und wegen der grofsen Entfernung des Forschungsgebietes von bewohnten Ländern und überhaupt vom Weltverkehr eine antarktische Expedition bedeutend gefährlicher und schwieriger durchzuführen sei als eine arktische. Allerdings befinden wir uns auf dem Parry-Archipel oder im nordsibirischen Eismeer in grofser Nähe der Kontinente; wir können im Notfall Hülfe von den Eskimos — wenn wir sie gerade treffen, was sehr ungewifs ist — erlangen und können an der sibirischen Küste versuchen, uns zu den Tschuktschen oder gar zu den Ansiedelungen der Russen durchzuschlagen. In der Wirklichkeit liegen aber die Dinge nicht so günstig. Man sollte nicht vergessen, dafs die Katastrophe Franklins sich wenig nördlich vom Polarkreise und ganz in der Nähe des amerikanischen Kontinents ereignete, den ein Teil der Unglücklichen schon betreten hatte. Der schliefsliche Untergang eines grofsen Teils der Jeannette-Leute geschah nicht auf einer fernen Insel des Polarmeeres, sondern im Delta eines grofsen sibirischen Flusses, der Lena. Die angeblich schützende Nähe bewohnter Kontinente hat sich also durchaus nicht immer wirksam erwiesen. Andererseits fehlt sogar im Süden ein erschwerendes Moment, welches schon mancher hoffnungsreich angetretenen Nordfahrt gleich im Anfang und vor Erreichung des eigentlichen Operationsfeldes verhängnisvoll geworden ist. Wer das sibirische Nordmeer aufsuchen will, hat zunächst die gefährlichen Engen

des Karischen Meeres zu passieren, oder er gelangt in die gedrängten Eisfelder zwischen Nowaja-Semlja und Franz-Josefsland. Die österreichisch-ungarische Expedition unter Payer und Weyprecht fror gleich am ersten eigentlichen Expeditionstage in eine Scholle ein und kam nie mehr frei. Es war ein reiner Glückefall, dafs auf der weiteren Eistrift Franz-Josefsland in Sicht kam, ebensogut hätte die Trift resultatlos verlaufen oder mit dem Untergang der ganzen Expedition enden können. Die Eistrift der Nansenschen Expedition ist vielleicht nur darum so glücklich gewesen, weil sie sich in der Hauptsache im fernsten Norden, im inneren Polarbecken abspielte.

Wer die Geschichte der Nordwestfahrten kennt, weifs, welche gefährlichen Engpässe die Sunde im Westen von Grönland sind. Wie wenigen Expeditionen ist es gelungen, sie überhaupt zu durchdringen! Die nordwestliche Durchfahrt ist von einem und demselben Schiffe überhaupt noch nie gemacht worden. Im hohen Süden werden, zumal wenn wir es hier mit einem unruhig gebauten, zerrissenen Bruchland zu thun haben, solche Sunde und Engpässe wohl auch nicht fehlen, aber sie stellen sich nicht gleich dem Beginn der Expedition in den Weg. Selbst eine Südfahrt, auf welcher, etwa unter dem Polarkreise oder wenig südlich davon, der ganze Südpol umfahren würde, müfste schon viel Neues bringen und reiche Beobachtungen sammeln; sie würde aber den gröfseren Teil der Reise in geräumigen Meeresbecken ohne gefährliche Sunde und Engpässe zurücklegen können. Die Geschichte der antarktischen Forschung ist reich an Beispielen raschen, ungehinderten Vordringens; die schliefsliche Umkehr erfolgte meist nicht, weil die Weiterfahrt unmöglich wurde, sondern weil ein rücksichtsloses Vordringen gegen den Südpol nicht im Plan oder Auftrag der Expedition lag. James Rofs zwar sah sich einem hindernden Eiswall gegenüber, aber Borchgrevink hätte in den Gewässern des Viktorialandes leicht sehr hohe Breiten erreichen können; zum Bedauern der ganzen Mannschaft wurde nur deshalb umgekehrt, weil sich keine Wale zeigten. Als Weddell im Süden von Süd-Georgien 1823 umkehrte, hatte er ein weites fast freies Meer vor sich, nur drei Eisinseln waren in Sicht, das Wetter war mild, das Tierleben reichlich. Auch der „Challenger" hätte 1874 im hohen Süden des Indischen Ozeans leicht noch weiter vordringen können, wenn dies eben im Plan der Expedition gelegen hätte. Da es nun bis jetzt aufserordentlich wenig Expeditionen gegeben hat, welche unbeengt durch materielle Rücksichten oder durch anderweite wissenschaftliche Aufgaben im hohen Süden thätig sein konnten, so dürfen wir, wenn

bei künftigen endlich auch überwinternden Expeditionen diese Fesseln nun fallen, gewifs die beste Hoffnung hegen. Möchte man nur nicht wieder auf ein und derselben Fahrt wissenschaftliche und kommerzielle Zwecke zu vereinigen suchen! So dankbar wir es begrüfsen müssen, wenn auf Handelsreisen in bekannteren Meeren nebenbei auch irgendwelche wissenschaftliche Zwecke gefördert werden können, so hat doch gerade Borchgrevinks Fahrt deutlich gezeigt, wie sehr die wissenschaftlichen Interessen oft gerade im günstigsten Augenblick durch die kommerziellen geschädigt werden können.

Dazu kommt, dafs ein kommerzieller Erfolg nie mit Sicherheit vorauszubestimmen ist. Bleibt er aber aus, und endigt eine derartige nur nebenbei der Wissenschaft dienende Expedition mit einem grofsen Verlust, so pflegt die Südpolarsache überhaupt empfindlichen Schaden zu leiden, und es hält schwer, neue Expeditionen zu stande zu bringen. Eine rein wissenschaftliche Expedition aber kann, falls sie nur einigermafsen vom Glück begünstigt wird, ihren Zweck nie gänzlich verfehlen. Kann sie auch vielleicht nicht ganz zu der gewünschten hohen Breite vordringen, wird sie doch immer eine Fülle neuer Beobachtungen sammeln können. Vorausgesetzt wird dabei natürlich, dafs die Ausrüstung in praktischer und wissenschaftlicher Hinsicht eine mustergültige ist; dieses Ziel ist aber heute, wo uns so grofse Fortschritte der Technik, dazu die Erfahrungen der glücklichen Nansenschen Nordfahrt, in wissenschaftlicher Beziehung aber die Gesamtheit der fast vier Jahrzehnte so eifrig geführten antarktischen Diskussion zu Gebote stehen, weit leichter zu erreichen als in früheren Zeiten. Die Leser werden aus den Tagesblättern längst ersehen haben, welches die jetzt so ernstlich geplanten Expeditionen sind. Alles spricht dafür, dafs seitens Deutschlands die Meeresräume im Süden des Indischen Ozeans, seitens Englands resp. Australiens das Viktorialand, endlich seitens Belgiens die Inseln im Süden des Kap Hoorn als Arbeitsfelder in Aussicht genommen werden. Möchte denn die Hoffnung, welche der Londoner Geographenkongrefs in seiner einmütig angenommenen Resolution aussprach: dafs das Werk der Südpolarforschung, das gröfste noch zu unternehmende Werk geographischer Forschung überhaupt, an dem fast alle Zweige der Naturwissenschaft interessiert sind, noch vor dem Schlusse des Jahrhunderts in Angriff genommen werde, in Erfüllung gehen; möchte insbesondere der hochverdiente Neumayer noch die Genugthuung erleben, dafs seine langjährige begeisterte Thätigkeit im Dienst der antarktischen Sache endlich von einem glänzenden Erfolg gekrönt wird!

Das Matterhorn.

Von Prof. R. von Lendenfeld.

Von der breiten Einsattelung des Grofsen St. Bernhard streichen die Penninischen Alpen, allmählich an Höhe und Breite gewinnend, nach Osten bis zum Monterosa, um dann plötzlich mit gewaltigen Steilwänden gegen das Macugnaga- und Saasthal abzusetzen. Der Aufsenhälfte der hier südwest-nordöstlich streichenden Zentralzone der Alpenkette angehörend, bestehen sie fast ganz aus Urgestein; aber es ist dies nicht durchaus einförmig: überall wechseln die verschiedenen, phyllitischen Kalk- und Glanzschiefer, sowie Gabbro, Granit, Diorit etc. mit jenem Gneis und Glimmerschiefer ab, welcher weiter östlich fast ununterbrochen die Mittelzone des Alpengebirges bildet. Dazu kommen noch verschiedene Marmor- und Kalkeinlagerungen, von denen einige allem Anscheine nach mesozoische Bildungen sind. Diese, in anderen Teilen des Urgebirges so seltene, reiche geologische Gliederung findet in dem hohen und abwechselungsreichen Relief der Penninischen Alpen ihren Ausdruck: auf derselben beruht der grofsartige, landschaftliche Charakter dieser Berggruppe. Der Widerstand, welchen verschiedene, nahe bei einander liegende Teile dieses Terrains der abrasierenden Wirkung der Atmosphärilien entgegensetzten, war ein sehr verschiedener, und so kam er zur Bildung jener schlanken Berggipfel und jener tief eingeschnittenen Thäler, welche dieses Gebirge vor allen anderen Teilen der europäischen Alpen auszeichnen.

In dem höchsten und breitesten östlichen Endteile der Penninischen Alpen, den man etwas vage die Monterosa-Gruppe zu nennen pflegt, haben sich zwei bedeutende Gewässer tief eingeschnitten: im Norden die Zermatter Visp, im Süden der Tournanchebach. Es sind dementsprechend von allen Gipfeln der Penninischen Alpen diejenigen am steilsten und am höchsten über ihre Umgebung aufragend, welche sich an den Rändern der genannten Thalfurchen erheben; der

allersteilste und schlankste aber der, welcher dem Grenzkamme zwischen Visp und Tournanche angehört: das Matterhorn.

Die ganz aufserordentliche Schlankheit dieses Berges beruht wesentlich darauf, dafs er von der Erhebungslinie, welcher er in orographischer und geologischer Beziehung angehört, dem Arollagneiszuge Weifshorn - Rothorn - Gabelhorn, durch das tief eingeschnittene Zmuttthal vollkommen abgetrennt und dafs die wasserscheidende Erhebung, der Kamm, dem er in hydrographischer Beziehung thatsächlich entragt, zu seinen Seiten aus andersartigem Gestein zusammengesetzt und relativ niedriger ist. Letzteres gilt namentlich von der flachen und breiten, vom Matterhorn nach Südwesten zum Theodulpafs ziehenden Kammstrecke.

Der höchste, am Ostende eines fast horizontalen, nur sehr wenig nach Westen abfallenden, 200 m langen, geraden, ostwestlich streichenden Gipfelgrates befindliche Punkt des Matterhorn liegt 4482 m über dem Meere. Es ist demnach das Matterhorn um 328 m niedriger als der Montblanc, um 156 m niedriger als der Monterosa; aber um 315 m höher als die Jungfrau und um 684 m höher als der Grofsglockner.

Von den beiden Eckpunkten jenes Gipfelgrates gehen vier Kämme ab: von seinem Ostende einer nach NO. und einer nach SO., von seinem Westende einer nach NW. und einer nach SW. Der Gipfelgrat und diese vier Bergkanten bilden die oberen Grenzlinien der vier Flanken des Berges. Der SO.-Grat, der SW.-Grat und der Gipfelgrat gehören in hydrographischer Beziehung dem die Wasserscheide zwischen Rhône und Po bildenden Hauptkamme der Penninischen Alpen an. Der NO.- und der NW.-Grat sind unbedeutende, spornartige Nebenkämme, welche nach kurzem Verlaufe, ersterer an der Vereinigungsstelle des Zmuttbaches mit der Visp bei Zermatt, letzterer an der Zunge des Zmuttgletschers im Zmuttthale enden. Der letztere ist der Rest der Verbindung mit dem Weifshornkamme, welchem, wie erwähnt, das Matterhorn orographisch angehört. Der Gipfelgrat ist ungegliedert, gerade und fast horizontal. Der NO.-Grat senkt sich vom Gipfel erst steil, weiter fast senkrecht bis zu 4290 m herab, nimmt dann auf kurzer Strecke — das ist die NO.-„Schulter“ — eine Neigung von weniger als 30° an und zieht endlich, mit 45° abfallend, zum NO.-Fufse des Berges herab. Hier, in einer Höhe von 3200 m, geht er in einen flachen Rücken über, der sich weiterhin zu der auffallenden Terrainnase des 2893 m hohen „Hörnli“ erhebt, um dann steil zum Schwarzseeplateau (2500—2600 m) ab-

zusetzen, von wo ein breiter, abgerundeter Rücken zum Zusammenflusse des Zmutt- und Vispbaches absetzt; hier endet dieser Grat.



Die Nord- und Ost-Wände des Matterhorn vom Hörnli.

Der SO.-Grat stürzt erst fast senkrecht 200 m hoch ab, nimmt dann plötzlich eine Neigung von 55° an und zieht, nach unten hin

erst sanfter, später wieder steiler werdend, zu dem ungefähr 3300 m über dem Meere liegenden Matterjoch hinab. Hier geht er in den langen, im Ganzen horizontalen Furggengrat über, dessen Culminationspunkt 3498 m Höhe hat, um endlich über das Theodulhorn (3472 m) den bekannten, 3322 m über Meer liegenden Theodulpafs zu erreichen. Der SW.-Grat ist ebenfalls in seinen obersten 200 Metern fast senkrecht, dann folgt aber ein langes, fast horizontales Stück — die SW. „Schulter" —, von deren Ende der Grat mit einer Neigung von 45° zu dem ungefähr 3500 m hohen Col du Lion herabzieht. Jenseits des Col du Lion steigt dieser Kamm steil etwa 100 m an, sinkt dann abermals zu einem Col, dem Col du Tournanche herab und steigt jenseits zu der dreieckigen Pyramide der 4180 m hohen Dent d'Hérens an. Der Dent d'Hérens ist der dem Matterhorn zunächst liegende Berg; die beiden Gipfel sind 4300 m von einander entfernt. Der NW.-Grat endlich besitzt zu oberst eine Neigung von 50°, wird dann senkrecht, ja an einer Stelle überhängend und erlangt unter diesem, ungefähr 250 m hohen Absatze wieder eine Neigung von 50°. In einer Höhe von etwa 2500 m geht er in einen kurzen, schmalen, von wilden Felstürmen gekrönten Grat über, der in den langen, sanfter geneigten Schneerücken der Zmuttarête ausläuft. Dann taucht er als steilere Felswand unter den Zmuttgletscher hinab.

Diese Grate bilden die Ränder der Flanken unseres Berges, von denen zwei, die östliche und die westliche dreieckig, die beiden anderen, deren oberer Rand vom Gipfelgrate gebildet wird, trapezförmig sind. Diese Abhänge sind gröfstenteils konkav, so dafs ihre Grenzkanten, die Grate, die sie einfassen, verschärft vortreten. Der O.-Abhang ist sehr glatt und enthält weder bedeutendere Felsrippen noch tiefere Schluchten. Seine obersten 200 m sind senkrecht, sein mittlerer und unterer Teil hat eine Gesamtneigung von 45°, oben mehr, unten weniger. An den Fufs dieses, grofsenteils felsigen Hanges, schmiegt sich ein stark geneigter, aus Lawinenresten aufgebauter Firnhang an, der zu dem flachen Furggengletscher hinzieht. Letzterer breitet sich im Osten des Matterhorn aus. Mehr gegliedert als dieser ist der N.-Abhang, dessen oberste Partie bei 50° steil ist und der dann eine 80 m hohe, fast senkrechte Wandstufe bildet, von deren Fufs ein zerrissener Felshang von grofser Steilheit herabzieht zum Matterhorngletscher — einem Hängegletscher ohne Zunge im Norden des Matterhorn. Die Schluchten in diesem Hang sind eiserfüllt, und auch auf den vorragenden Teilen desselben finden sich in der Regel eine dünne Eiskruste und staubiger Hochschnee, weil die Sonne diesen Hang, seiner nördlichen Lage und

grofsen Steilheit wegen nur kurze Zeit und dann nur schiefstrahlend bescheint. Höher und ebenfalls reich gegliedert ist der W.-Abhang, welcher zum Tiefenmattengletscher, dem im Westen des Matterhorn ausgebreiteten Firnfelde des Zmuttgletschers herabzieht. Dieser Hang hat in den obersten 250 m eine Neigung von etwa 50°; dann folgt eine 200—300 m hohe senkrechte, teilweise sogar überhängende Partie und endlich ein reichgegliederter, von einigen grofsen Eisschluchten durchsetzter Felshang von 45° Gesamtneigung. Die oberen Teile dieses Abhanges werden nach schönen sonnigen Tagen gröfstenteils schneefrei. Am reichsten gegliedert und am höchsten ist der S.-Abhang. Sein oberster Teil ist senkrecht; dann folgt eine weniger steile Partie, von deren Fufs drei Felsgrate von durchschnittlich 50° Neigung zu dem kleinen Hängegletscher im Hintergrunde des Tournanchethales hinabziehen. Von einander und von dem SO.-Grate sind diese Kämme durch steile, teilweise eiserfüllte Felsschluchten von aufserordentlicher Wildheit getrennt. Zwischen dem westlichsten von ihnen und dem SW.-Grate liegt ein glatter, zur SW.-Schulter hinaufziehender dreieckiger Felshang von nicht allzugrofser Steilheit. Auch dieser Hang ist in seinen unteren Partien gröfstenteils schneefrei; unter der Schulter findet sich ein horizontaler Schneestreifen von beträchtlichen Dimensionen, die Cravate, welcher einer dort vortretenden, bandförmigen Terrasse aufliegt.

Die Steilheit und die bedeutende Höhe dieser Hänge über dem flacheren, gletscherbedeckten Terrain in der Umgebung sind es, welche dem Matterhorn seine Schönheit und Grofsartigkeit verleihen. Der O.-Abhang ist 1200, der N.-Abhang 1000, der W.-Abhang 1300 und der S.-Abhang 1400 m hoch, und es beträgt die Durchschnittsneigung dieser Abhänge 57°. Die vortretenden Kämme, welche die Konturen bilden, sind weniger stark geneigt, und darum sieht der Berg nicht so steil aus, wie er wirklich ist. Da im Osten und Süden die obersten Teile, im Norden und besonders im Westen aber die mittleren Partien der Felswände am steilsten sind, so erlangt unser Berg von Nordosten, dem Zermatttbale und den dasselbe umgebenden Gipfeln aus gesehen, die charakteristische Gestalt eines nach links (Osten) gebogenen Horns. Von Süden (Val Tournanche) erscheint der Matterhorngipfel breit, pflockförmig, denn von hier sieht man den Gipfelgrat en face. Von Osten (Breithorn, Monterosa), noch mehr aber von Westen (Dent d'Hérens) erscheint der Gipfel schmal und scharf. Besonders vom letztgenannten Berge aus imponiert das Matterhorn durch seine Schlankheit, denn man sieht von hier die steilen Abfälle nach West und Süd·

Nach frischem Schneefalle ist allerdings der größere Teil des ganzen Berges weiß, allein bald schwindet der Schnee von den Wänden, und nur an verhältnismäßig wenigen Stellen erhält er sich in Gestalt von Flecken und Streifen in Schluchten und an weniger steilen Stellen.

Der Gipfelbau des Matterhorn besteht aus Arollagneis. Im Norden und im Osten schließt sich daran der graue Kalkschiefer des Hörnli- und des Furggengrates, welcher weiterhin mit grünen Schiefern wechselnd lagert. Im Westen und im Süden bildet Gabbro den Fuß der Matterhornwände und trennt hier den Arollagneis von dem Talgschiefer des Dent d'Hérens und den wechsellagernden, grauen und grünen Schiefern des oberen Tournanchethales. Abgesehen von untergeordneten Fältelungen, wie solche namentlich am Westabhange zu sehen sind, befinden sich die Gesteinschichten des Matterhorn in ziemlich ungestörter Lagerung. Sie sind konkordant und fallen unbedeutend nach Südost.

Nachdem wir so das Matterhorn selbst kennen gelernt haben, wollen wir uns den Beziehungen desselben zum Menschen — der humanistischen Seite unserer Aufgabe, wenn man es so sagen darf — zuwenden.

Gewiß erhebt schon seit dem ersten Auftauchen des Menschen im Alpenlande das Matterhorn sein stolzes Felsenhaupt in einer seiner jetzigen ähnlichen Gestalt zwischen den Thälern der Visp und des Tournanchebaches. Aber bis gegen die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts hat niemand seine Schönheit beachtet; denn erst um diese Zeit begann man den ästhetischen Wert des Hochgebirges entsprechend zu würdigen. Es erscheint auf den ersten Blick ganz rätselhaft, wieso den alten Kulturvölkern und auch unseren eigenen Dichtern und Schriftstellern bis zu dieser Zeit das Hochgebirge gar keine Bewunderung eingeflößt hat, während jetzt die Gebildeten aller „an der Spitze der Civilisation marschierenden" Völker Kosten, Mühseligkeiten und selbst Gefahren nicht scheuen, um sich an dem Anblicke desselben zu erfreuen und zu erheben. Es ist dies um so rätselhafter, wenn wir bedenken, daß wir in anderer Beziehung im allgemeinen noch denselben Geschmack haben wie die Griechen der perikleischen Zeit. Wenn wir aber genauer zusehen, so erscheint die Entstehung und rasche Ausbreitung der ästhetischen Wertschätzung des Hochgebirges als eine natürliche Folge des Aufschwunges, den die Naturwissenschaft in unserem Jahrhundert genommen. Sie hat uns gelehrt, alle Naturerscheinungen als Wirkungen einer Kraft anzusehen, die nach unabänderlichen Gesetzen

mit logischer Konsequenz aus ihr hervorgehen. Jetzt erst erkennen wir diese Erscheinungen als Manifestationen der Weltallskraft — als



Die Westwand des Matterhorn von dem Dent d'Hérens.

„Werke Gottes", wenn man diesen Ausdruck vorzieht — und jene Kraft oder Gottheit, die wir in ihnen wittern, ist es, die wir an ihnen

bewundern. Im Hochgebirge, wo diese Manifestationen so aufserordentlich grofsartig sind, tritt jene Kraft besonders deutlich in die Erscheinung, und das ist es, was so mächtig uns anzieht. Sobald die Erkenntnis der Kausalität der Naturerscheinungen das Interesse für das Hochgebirge geweckt hatte, mufste natürlich das Matterhorn, in dessen herrlichem Gipfelbau die gewaltige Hochgebirgsnatur so vollendet zum Ausdrucke kommt, vor allem die Aufmerksamkeit auf sich lenken.

Wie andere hohe und steile Berge von den Bewohnern der anstofsenden Thäler anfangs für unersteiglich gehalten, wurde es zu Ende der fünfziger und zu Anfang der sechziger Jahre dieses Jahrhunderts zuerst von Carrel, dann von Tyndall und Whymper belagert. Nach zahlreichen vergeblichen Versuchen gelang es endlich Whymper am 14. Juli 1865 den Gipfel des Matterhorn zu erreichen. In Begleitung von Lord Douglas, den Herren Hadow und Hudson und den Führern Taugwalder Vater und Sohn und Croz stieg er über den Ostabhang, den Nordostgrat und oben teilweise durch die Nordwand zum Gipfel empor. Beim Abstiege, der auf derselben Route genommen wurde, glitt Herr Hadow aus und rifs Lord Douglas und Herrn Hudson, sowie den Führer Croz mit in die Tiefe. Nur Whymper selbst und die beiden Taugwalder kehrten lebend nach Zermatt zurück. Die zerschmetterten Leichen von Hadow, Hudson und Croz wurden 1200 m tiefer, am Matterhorngletscher gefunden. Die Leiche des Lord Douglas ist an der Wand des Felsens hängen geblieben.

Diese von Whymper eröffnete Route ist die leichteste und seither am meisten begangene von allen zum Matterhorngipfel führenden Wegen. Durch den Bau zweier Hütten — von denen die obere jetzt allerdings nicht mehr bewohnbar ist — sowie durch Anbringung von Ketten und Seilen an den steilsten Stellen hat man die Gangbarkeit derselben wesentlich erhöht.

Von Zermatt aus führt dieser Weg über das Schwarzseehotel, links am Hörnli vorbei, zur neuen (unteren) Hütte am Fufse des Gipfelbaues und weiter durch den Ostabhang zur alten (oberen) Hütte. Gleich oberhalb derselben liegt der Punkt, wo Moseley verunglückte. Von der Hütte geht es über Felsen und Schnee nach links aufwärts zum Fufse des ziemlich steilen, von der Schulter nach Osten herabziehenden Eishanges; über diesen hinauf zur Gratböhe und nach links über den Kamm fort zum Fufse der Gipfelfelsen. Endlich gewinnt man über die Nordwand und einem steilen, etwas konvexen Schneefelde

den Gipfel. Hier, ganz nahe der Spitze, war Hadow ausgeglitten, wodurch jene Katastrophe herbeigeführt wurde, von welcher, wie oben erwähnt, die ersten Ersteiger beim Abstiege ereilt wurden. Der Anstieg von Zermatt auf diesem Wege erfordert 6—7, der Abstieg dahin 4—5 Marschstunden.

Drei Tage, nachdem es Whymper gelungen war, das Matterhorn auf diesem Wege von Nordosten her zu ersteigen, erreichte Carrel mit einigen anderen Führern aus dem Tournanchethale den Gipfel über den Südwestgrat. Diese Route ist schwieriger als jene über den Nordostgrat, aber auch sie ist durch die Errichtung von Hütten und durch Anbringung von Seilen und Strickleitern bedeutend gangbarer gemacht worden. Gegenwärtig wird dieselbe recht oft, wenn auch lange nicht so häufig wie der Zermatter Nordostgrat-Weg, benutzt.

Von Breuil, der obersten Ortschaft des Tournanchethales ausgehend, steigt man zu den Felsen links von jener Schneeschlucht an, die zum Col du Lion hinaufzieht. Ueber diese Felsen und durch die Schneeschlucht selbst geht es nun ziemlich hoch hinauf, dann rechts durch die Felsen empor zur Kammhöhe des Südwestgrates, und weiter, teils über den Kamm selbst, teils dicht unterhalb desselben zum Fufse des „Grofsen Thurmes“. Dieser wird im Süden umgangen und hinter ihm der Grat wieder gewonnen. Hier ändert sich der Charakter des Gesteins, welches, bisher fest und verläfslich, plötzlich sehr brüchig und trügerisch wird. Man steigt durch einen gefährlichen Kamin hinab in die Südwand, wieder hinauf zur „Cravate“, jenem oben erwähnten breiten Schneebande, an dem die obere Hütte liegt; dann links hinüber zu der, als Pic Tyndall bekannten SW.-Ecke der „Schulter“, einem ziemlich langen, mit wilden Felszacken gekrönten, horizontalen Gratstücke, welches schwindelfreien Bergsteigern eine prächtige Kletterei bietet; über die schlanken Felstürme geht es auf und ab bis zu jenem tiefen Rifs, der dieses Gratstück von dem eigentlichen, noch 200 m hoch aufragenden Gipfelfelsen trennt. Die Überschreitung dieses Risses ist sehr schwierig; jenseits klettert man durch überaus steile Felsen zum Westende des Gipfelgrates empor und gewinnt über letzteren die höchste Spitze. Auf diesem Wege hat der junge Seiler mit einem Führer durch einen Sturz das Leben verloren. Der Aufstieg auf diesem Wege erfordert von Breuil 10—12, der Abstieg dahin 8—10 Marschstunden.

Die ersten Partien waren stets auf demselben Wege auf- und abgestiegen. Der erste, welcher auf der einen Seite hinauf- und auf

der anderen Seite hinunterging, den Berg, wie man sagt, „traversierte“ war (1868) Tyndall.

In neuerer Zeit eind beide Wege von zahllosen Touristen, darunter vielen Damen, mit und ohne Führer gemacht worden. Kellerpauer führte die Ersteigung des Matterhorn ganz allein aue. Swaine war der erste, welcher ee in winterlichen Verhältnissen (zu Anfang des Frühlings) beetiegen hat. Der erste deutsche Tourist auf dem Matterhorn war Dr. Paul Güfsfeldt (1868).

Vierzehn Jahre hindurch waren — von unbedeutenden Varianten im Detail abgeeehen — diese beiden, im ganzen über den Nordoet-, beziehungsweise den Südweetgrat führenden Routen die einzigen, auf denen man das Matterhorn bestieg. Erst 1879 gelang es — am 3. September — gleichzeitig zwei Partien, den Gipfel des Berges von Westen aus zu erreichen. Die eine von diesen Partien, Mummery mit A. Burgener und noch einem zweiten Führer, folgte im allgemeinen dem als Zmuttarête bekannten Nordwestgrate. Sie gingen vom Stockje. einem Felsen im Zmuttgletscher, auf dem eine Hütte eteht, aus, erstiegen die Grathöhe und gewannen über diese die Westwand, über welche und den obersten Teil des Nordabhanges zur Westecke des Gipfelgratee hinaufgeklettert und auf letzterem die höchete Spitze erreicht wurde. Die zweite Partie, Penhall mit Imseng, ging von Zermatt über den Zmuttgletscher zu dem unteren Ende jener grofsen Schneerinne, welche von der Ursprungsstelle der Zmuttarête in südwestlicher Richtung zu dem, ale Tiefenmattengletscher bekannten Firnfelde dee Zmuttgletschers hinabzieht. Durch die Feleen zu den Seiten dieser Schlucht stiegen eie an und kletterten dann durch die Weet- und den obersten Teil der Nordwand zum Gipfelgrat und zur Spitze empor. Beide Partien etiegen auf dem gewöhnlichen Wege über den Nordoetgrat nach Zermatt ab. Seither ist die Mummeryroute nur selten, die Penhallroute aber, eo viol ich weifs, gar nicht mehr benutzt worden. Einmal führte Mummery den Kronprinzen von Italien auf eeinem Wege auf den Gipfel des Matterhorn, und dieee Partie stieg auf demselben Wege wieder ab. Bei einem Versuche, den Spuren Penhalls zu folgen, wurden Dr. Lammer und ein Begleiter in der grofsen Schneerinne von einer Lawine ereilt, welche sie zum Tiefenmattengletscher hinabrifs. Schwer verletzt, aber doch lebend, kamen sie davon. Merkwürdig ist es, dafs die beiden Herren, welche an jenem 3. September das Problem der Erkletterung des Matterhorns von der Weetseite so glänzend gelöet haben, seither beim Bergsteigen ihren Tod gefunden haben: Penhall am Schreckhorn und Mummery im Himalaya.

Im Jahre 1880 hat Mummery mit A. Burgener noch eine vierte Route aufs Matterhorn eröffnet. Er etieg zum Matterjoch am Fufse dee Südostgrates hinauf und kletterte durch den Ostabhang und üher den Südost-Grat bie zum Fufee der eenkrechten Gipfelfelsen. Dann wurde der Ostahhang durchquert, die gewöhnliche Zermatter Route bei der Schulter erreicht und auf ihr der Gipfel erstiegen. Auch auf diesem Wege iet, eo viel ich weifs, noch niemand den ersten Ersteigern gefolgt.

So iet denn der Gipfel dee Berges auf jeder seiner vier Felekanten und durch eeine Westwand erreicht worden. Leicht wäre es, durch die Oetwand his zu dem eenkrechten Gipfelfeleen vorzudringen, auch durch die Südwand, eowie möglicherweise sogar durch die Nordwand könnte der Gipfel erreicht werden. Aber alle dieee Routen wären nicht nur echwierig, sondern auch ungemein steingefährlich, eo dafe nur Lebensüberdrüesige auf ihnen den Anetieg versuchen eollten.

Das Intereeeanteete, was am Matterhorn vernünftiger Weise gemacht werden kann, iet die Traversierung: üher den Südweet- oder Nordweetgrat hinauf und über den Nordostgrat hinunter, die heiden Wege, welche ale erste 1868 Tyndall und 1879 Mummery zurückgelegt hahen.

Wie es sich bei eeiner Höhe und isolierten Lage von eelbet versteht, iet das Panorama dee Matterhorngipfele sehr echön, und zwar nicht hlofe die Bergauseicht, eondern auch die Thalaueeicht, denn aufeer dem Visp- und Tournanchethale, welche hie an das Matterhorn eelbet heranreichen, etrahlen noch dae Pellinethal im Südweeten, das d'Hérensthal im Nordweeten und das Einfiechthal im Norden derart radial vom Matterhorn aue, dafe diese Thalfurchen deutlich zu erkennen und weithin zu verfolgen sind: nur wenige Berge stehen, wie das Matterhorn, an der Kreuzungeetelle der Verlauferichtungen von fünf grofsen Thälern! Grofsartig iet der Blick hinab in das eüdliche Tournanchethal, von welchem nach linke breite, ahgerundete, gröfstenteils aue grünem Schiefer bestehende Hänge hinaufziehen zu den eanftgeneigten Firnmassen, welche vom Breithorn nach Süden herabwallen. Rechts fafet ein zackiger, zumeiet aus Talgechiefer heetehender Felegrat das Tournanchethal ein. Dieser Grat eteigt nach rechts hin an und kulminiert in dem weetlich aufragenden Dent d'Hérens. Sehr deutlich tritt die Schichtung des Geeteine an der echneefreien Steilwand zu Tage, mit welcher dieeer Berg zum d'Hérene-Gletscher absetzt. Über jenen Bergkamm hinausblickend erkennen wir die Furche dee Pelline-Thalee und rechts davon den hochaufra-

genden, breiten Rücken des Montblanc, dann näher an uns den Grand Combin und dahinter die Aiguilles des nördlichen Teiles der Montblancgruppe. Noch weiter rechts sehen wir, über die weit ausgebreiteten, flachen Firnfelder des Tête Blanche hinausblickend, ein Gewirr von Berggipfeln, das sich im Nordwesten zu der breiten, tief eingeschnittenen Furche des d'Hérens-Thales hinabsenkt. Stolz erhebt sich aus demselben die unvergleichliche Pyramide des Dent Blanche als rechter Eckpunkt jener schön geschichteten Felswand der Wandfluh, an deren Fufse die Firnströme zum Zmuttgletscher zusammenfliefsen. Im Norden erkennen wir, jenseits des Mont Durand die Furche des Einfischthales, durch welche wir zum Rhônethale und den jenseits desselben aufragenden mesozoischen Bergen der äufseren Nebenzone, der breiten Wildstrubel und den aus nach Westen fallenden Schichten aufgebauten Bergen in der Umgebung des Gemmi hinausblicken. Die linken, sanften (östlichen) Abhänge dieser Berge, des Rinderhorn, Altels, Doldenhorn etc. sind Schichtflächen; die rechten, steilen (westlichen) Abstürze derselben Schichtköpfe. Zwischen dem Einfisch- und dem weiter rechts, im Nordosten, liegenden Vispthale erhebt sich jener herrliche, gröfstenteils aus Arollagneis zusammengesetzte Bergzug, dem die stolzen Gipfel des Gabelhorn, des Rothorn und des Weifshorn entragen. Hinausblickend durch das tiefeingeschnittene, schmale Vispthal, sehen wir die grofsartige, reich vergletscherte Massenerhebung der Finsteraarhorngruppe, aus welcher besonders die Gipfel des Aletsch- und Finsteraarhorn deutlich hervortreten. Rechts fafst der gewaltige Mischabelkamm das Vispthal ein, hoch erheben sich die schlanken Spitzen des Dom und des Täschhorn über seinen schmalen Grund, und von diesen im Nordosten, gerade über der Zermatter Mulde aufragenden Bergen zieht der Kamm, an Breite und Vergletscherung zunehmend, über Alphubel, Allalin-, Rimpfisch- und Strahlhorn hinüber zu jenem, im Osten weit ausgebreiteten Firnfelde, von welchem die Zungen des Findelen- und Gornergletschers gegen Zermatt hinabziehen. Hoch erhebt sich über dieses Firnplateau rechts das eigentliche Monterosamassiv, Nordend, Dufourspitze (der höchste Punkt des Monterosa), an welche sich dann weiterhin die, von gewaltigen Firnmassen bedeckten Gipfel in der Umgebung des als Grenzgletscher bekannten Firnarmes des Gornergletschers, die Signalkuppe, die Parrotspitze, der Lyskamm und weiterhin dann das Breithorn anschliefsen, über welches der Blick zu dem Ausgangspunkte unserer Betrachtung, dem Tournanchethale zurückkehrt.

Wenn wir das Auge über all diese steilen Felswände, zerrissenen

Grate, tief eingeschnittenen Thäler und über die Gletscher schweifen lassen, welche gewaltige Moränen auf ihrem breiten Rücken zu Thale tragen; wenn wir dem Gepolter der stürzenden Steintrümmer lauschen oder dem dumpfen Dröhnen der Geröllmassen, welche die wilden Gebirgshänge hinabrollen durchs Thal: dann erkennen wir, mit welcher Gewalt die Atmosphärilien allzeit an der Abtragung des Gebirges arbeiten, und begreifen, daſs die steilen Berge und schmalen Kämme, die wir sehen, nur kleine Reste von ungeheueren Gesteinsmassen sind, welche sich einstens weithin über jenen Raum ausdehnten, den jetzt die groſsen Thalfurchen einnehmen. Bei dem partiell und schollenweise erfolgenden Zusammensinken der Erdoberfläche in der ursprünglichen Lage zurückgeblieben, regten die Alpen hoch über das Meer auf. Tagüber von der Sonne erwärmt, kühlten sich die Felsen an klaren Nächten sehr stark ab, weil nur eine dünne, die Wärmeausstrahlung wenig beeinträchtigende Luftschicht hier oben auf der Höhe sie deckte. Hierdurch groſsen und raschen, immerfort wiederholten Temperaturschwankungen ausgesetzt, wurde das oberflächliche Gestein beständig zu abwechselnder Ausdehnung und Zusammenziehung veranlaſst und sein Gefüge gelockert. Dies führte fortwährend zur Bildung kleiner Risse, in welche Wasser eindrang. Hier gefror es und erweiterte sie dabei. So wurden durch die Temperaturschwankungen, teilweise unter Mitwirkung des Wassers, die oberflächlichen Teile der Felsen zersprengt. An den steilsten Wänden stürzen die losgesprengten Trümmer infolge ihrer eigenen Schwere zur Tiefe, an weniger steilen Stellen werden sie von Lawinen mitgerissen. In den Firnbecken nimmt der Gletscher sie auf, trägt sie thalaus und scheuert, sie teilweise als Schmirgel benutzend, sein Bett aus. Unten erfaſst der Bach die noch übrigen Felstrümmer und den Schlamm und trägt beides, gleichzeitig sein eigenes Bett vertiefend, zu Thal. Wohl kommt ein Teil des Materials in den flacheren Thalstrecken zur Ruhe, aber dauernd ist seines Bleibens nicht hier; immer weiter wird es getragen, hinab in die Hauptströme und hinaus bis ins Meer. Dort erst, am Meeresgrunde, kommt es zur Ruhe und wandelt sich abermals in Sedimentgestein um. Aber selbst da kann es nicht immer bleiben: bei der fortwährenden Schrumpfung der Erde vielleicht nochmals emporgefaltet, wird es wieder Gebirge bilden, neuerdings den Angriffen der Atmosphärilien ausgesetzt werden und ihrer nivellierenden Thätigkeit erliegen. Es giebt nicht Ruhe und Rast, alles ist in Bewegung, in Änderung begriffen, und die Gestaltung der Erdoberfläche, die wir sehen, bloſs ein kurzes, ja nur ein, einen

einzigen Augenblick dauerndes Stadium ewig fortschreitender Veränderungen. So steigt denn, wenn wir ein solches Bild, wie die Rundschau vom Matterhorn verständnisvoll betrachten, eine dämmernde Ahnung jener Kraft in uns auf, welche in dieser „Erscheinungen Flucht“ zum Ausdrucke kommt. Sie ist es, welche, unsere Seele mit freudiger Andacht erfüllend, den Zauber der Schönheit über das Hochgebirge breitet.

Bestimmung der Polhöhe und der Intensität der Schwerkraft auf 22 Stationen von der Ostsee bei Kolberg bis zur Schneekoppe.

(Veröffentl. des K. Pr. Geodätischen Institutes.)

Die Schweremessungen, die Oberst v. Sterneck 1887—88 in den Tiroler Alpen mit dem von ihm konstruierten Pendelapparat ausgeführt hat, sind von bahnbrechender Bedeutung gewesen. Während in früherer Zeit die Bestimmung der Intensität der Schwerkraft eine höchst mühsame und zeitraubende Operation war, ist es nach der jetzigen Methode möglich, binnen einer oder weniger Stunden den Unterschied der Schwerkraft an einem Orte gegen die bekannte Schwerkraft an einem andern Orte zu ermitteln. Man hat daher bereits in allen Weltteilen Sterneck'sche Pendel schwingen lassen. Andrerseits hat die Anhäufung von benachbarten Stationen ein Bild über die Verteilung der Massen unter der Erdoberfläche gewinnen lassen, so dafs nicht nur die Geodäsie, sondern auch die Geologie bei diesen Beobachtungen interessiert ist. Die wichtigen Resultate, die von v. Sterneck in den Alpen in dieser Beziehung gewonnen waren, hat Professor Helmert in einer „die Schwerkraft im Hochgebirge" betitelten Schrift niedergelegt. Im Jahre 1894 hat nun auch das Geodätische Institut damit begonnen, im preufsischen Staate ein engmaschiges Stationsnetz anzulegen, und zwar wurde der Anfang mit einer langen, das Staatsgebiet durchkreuzenden Punktreihe gemacht, wozu die nahe nordsüdliche Linie Kolberg-Schneekoppe ausgewählt wurde. Mit der Bestimmung der Gröfse der Schwerkraft gingen aber Bestimmungen der Abweichung der Lotlinie in der Richtung des Meridians Hand in Hand, woraus sich die Notwendigkeit ergab, auf trigonometrisch bestimmten Punkten zu beobachten. Die 22 ausgesuchten Stationen lagen im Gebirge, wo eine schnellere Änderung der zu bestimmenden Gröfsen zu erwarten war, etwa 3 km, in der Ebene

25 km von einander entfernt; auch wurde bei der Auswahl auf geologische Verhältnisse Rücksicht genommen.

Die ersten beiden Abteilungen der vorliegenden Veröffentlichung umfassen die zu den Lotabweichungen führenden Polhöhenbeobachtungen. Sie sind ebenfalls nach einer von v. Sterneck empfohlenen Methode ausgeführt, die in verhältnismäfsig kurzer Zeit zum Ziel gelangt und die Berechnung vereinfacht, insofern Meridian-Höhen von Sternen gemessen werden, deren Örter aus dem Berliner Astronomischen Jahrbuch bekannt sind. Indem dieselben in verschiedenen Höhen, bald im Norden, bald im Süden durch den Meridian gehen, kann man annehmen, dafs fehlerhafte Annahmen über die Refraktion sich im Resultate aus vielen (hier mindestens 30 bis 40) Sternen aufheben. Ihre Auswahl war aufserdem noch besonders mit Rücksicht hierauf getroffen. Da das Jahrbuch den Abstand des Sternes vom Pol giebt, die Messung dagegen seine Höhe über dem Horizonte, der durch das am Instrument befindliche Niveau bestimmt wird — so erhält man die Höhe des Pols über dem Horizont: die Polhöhe oder geographische Breite, die man auch als den Winkel zwischen dem Zenithpunkt und dem Äquator definieren kann. Unter der geodätischen Breite versteht man dagegen den Winkel zwischen der Senkrechten an dem Erdellipsoid und dem Äquator dieser für die Landesvermessung zu Grunde gelegten Fläche. Der Unterschied zwischen Polhöhe und geodätischer Breite heifst Lotabweichung. Es ist aber nicht ohne weiteres möglich, die absoluten Lotabweichungen zu bestimmen, sondern man nimmt an, dafs für einen bestimmten Ort — die preufsische Landesaufnahme hat Rauenberg bei Berlin hierfür gewählt — beide Normalen (die Richtung nach dem Zenith, die auch als Geoid-Normale aufgefafst werden kann, und die Ellipsoidnormale) zusammenfallen, die astronomische und geodätische Breite also übereinstimmen. Die durch die Beobachtung gefundenen Unterschiede an anderen Stationen sind daher relative Lotabweichungen in Bezug auf Rauenberg. Aus anderen Untersuchungen hat Professor Helmert die absolute Lotabweichung für Rauenberg zu $+ 5''$ angenommen, so dafs die hier gefundenen relativen Lotabweichungen um diesen Betrag vergröfsert werden müfsten. In der beigefügten Skizze sind die Lotabweichungen als Ordinaten in der Weise eingetragen, dafs gröfseren Werten eine Ablenkung nach der Seite des Gebirges (nach Süden) entspricht. Wir werden später sehen, wie ihr Verlauf durch die Schweremessungen bestätigt und erklärt wird.

Wir wollen noch erwähnen, dafs die Messungen von zwei ver-

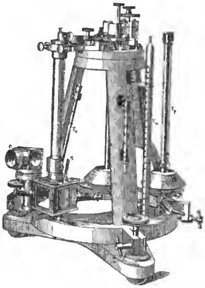
schiedenen Abteilungen von je drei Beobachtern gemacht sind, deren jede eine Hälfte der Stationen erledigt hat, indem sie von der Mitte (Neustädtel bezw. Wolfersdorf) anfingen. Dieser Teilung entsprechend sind ebenso wie die Polhöhen auch die Schweremessungen in zwei verschiedenen Abhandlungen bearbeitet worden, während die Resultate die Teilung glücklicherweise nicht erkennen lassen.

Die relativen Schwerkraftsbestimmungen beruhen bekanntlich darauf, dafs sich bei demselben Pendel an zwei Orten die Quadrate der Schwingungszeiten umgekehrt wie die Werte der Schwerkraft verhalten: $s^2 : s_0^2 = g_0 : g$. Als Referenzstation hat in unserem Falle Potsdam gedient, obgleich eine definitive absolute Bestimmung hier noch nicht vorliegt. Dagegen ist der Oppolzersche Wert der absoluten Schwerkraft von Wien durch Oberst v. Sterneck im Frühjahr 1892 übertragen worden, und Dr. Kühnen hat im Anschlufs an die Beobachtungen von 1894 ebenfalls in Wien mit den auf den Südstationen benutzten Pendeln eine Vergleichung ausgeführt, die nahe dasselbe Resultat geliefert hat.

Eine Voraussetzung für relative Messungen ist die Unveränderlichkeit der Pendel, und man beschränkte sich deshalb nicht auf eines, sondern es wurden je vier Pendel auf jeder Station in Schwingung gesetzt. Es hat sich indessen nur bei einem Pendel der nördlichen Abteilung eine sprungartige Veränderung gezeigt. Aufser diesen zufälligen Änderungen müssen aber eine Anzahl von Umständen berücksichtigt werden, welche unvermeidliche Veränderungen hervorbringen. Hierher gehören in erster Linie die Einflüsse der Temperatur und des Luftdrucks. Es ist daher nötig, für jedes Pendel Konstanten zu bestimmen, welche seine Schwingungszeit auf dieselbe Temperatur (0°) und denselben Luftdruck (760 mm) zu reduzieren gestatten. Die Temperaturkonstanten wurden in dem mit einer eigenartigen Heizanlage versehenen Pendelsaal des Geodätischen Institute ermittelt, in dem die Temperaturen von 0° bis 35° sich verändern liefsen, während ein Vergleichspendel gleichzeitig in konstanter Temperatur schwang. Ferner wurden die Pendel in einem luftdicht verschlossenen Kasten aufgestellt, in dem sie verschiedenen mefsbaren Drucken der Luft ausgesetzt wurden. Um einen Begriff von diesen Einflüssen zu erhalten, sei erwähnt, dafs sich für 1° Temperaturänderung die Schwingungszeit (von nahe 0,s5) etwa um 0,s0000045, für 10 mm Luftdruckdifferenz um ungefähr 0,s0000007 änderte.

Eine Schwierigkeit besteht nun darin, die Temperatur des Pendels zu erkennen. v. Sterneck wendet ein Magazinthermometer an, dessen

Quecksilbergefäfs bis zur Länge des Pendels ausgezogen ist, so dafs es allen Luftschichten, welche in verschiedenen Höhen verschieden erwärmt das Pendel beeinflussen, ebenfalls ausgesetzt ist. Professor Helmert hat dann noch ein besonderes Pendelthermometer konstruieren lassen, dessen Quecksilbergefäfs ein dem eigentlichen Pendel nachgebildetes hohles Pendel ausfüllt, um es so denselben Strahlungseinflüssen zu unterwerfen, die auf jenes wirken. Dadurch, dafs im



Der Sterneck'sche Pendelapparat.

ganzen fünf Thermometer abgelesen wurden, ist für Untersuchungen über den Einflufs der Temperatur geeignetes Material zusammengestellt worden. Um aber möglichst unabhängig von erst allmählich die Pendel beeinflussenden Temperaturänderungen zu sein, erstrecken sich die Pendelmessungen jeder Station über einen 24stündigen Zeitraum, so dafs jedes Pendel wenigstens 4 mal bald bei steigender, bald bei sinkender Temperatur beobachtet wurde.

Es hatte dieses aber zur Voraussetzung, dafs zum Beginn und am Ende einer solchen 24stündigen Reihe Zeitbestimmungen ausgeführt werden konnten; sonst mufste bis zur Erlangung derselben die Pendel-

messung fortgesetzt werden. Beide Abteilungen hatten Pendeluhren; die Unsicherheit der Bestimmung des Uhrganges führte zu einer Unsicherheit von nur zwei oder drei Einheiten in der 7. Dezimalstelle der Schwingungszeit.

Noch ist aber einer ebenfalls von Station zu Station wechselnden Fehlerquelle zu gedenken, des Mitschwingens der Pendelunterlage. Als erster hat Peirce, der im Jahre 1875 in Berlin beobachtete, darauf aufmerksam gemacht, dafs trotz der Kleinheit der Schwingungen ein solches Mitschwingen des Konsols stattfindet. Bei unseren Beobachtungen betrug die anfängliche Amplitude nur 15′, aber je nach der Beschaffenheit des Untergrundes oder der Festigkeit des Pfeilers, auf dem das Pendelstativ stand, konnten merkliche Unterschiede in dem Betrage des Mitschwingens konstatiert werden, die sich in Korrektionen der Schwingungszeit bis $0,^{s}0000193$ bewegen. Zur Bestimmung des Mitschwingens wurden auf den südlichen Stationen zwei verschiedene Methoden angewendet. Einmal wurde ein Fadenpendel mit dem Stativkopf, auf dem das Hauptpendel mit seiner Schneide ruht, fest verbunden aufgehängt. Das Fadenpendel gerät, wenn jenes schwingt, ebenfalls in geringe Bewegung, die ein Mafs für das Mitschwingen ist. Das andere Verfahren bestand darin, dafs durch eine am Pfeiler befestigte Küchenfederwage, die mit einer an deren Skala abgelesenen Kraft in Halbsekundentakt gezogen wurde, der Pfeiler künstlich in Schwingungen versetzt wurde, und dafs der (nach Pfeiler- und Erdboden-Beschaffenheit verschiedene) dadurch hervorgerufene Ausschlag des Pendels abgelesen wurde. Bei letzterem, von der Nordabteilung allein angewandten Verfahren bleibt der Einflufs des Pendelstativs aufser Betracht, doch kann dieser, da das Stativ dasselbe für alle Stationen bleibt, aufser Rechnung gestellt werden. Wie die schwingende Bewegung des Aufhängepunktes eines Pendels die Schwingungsdauer beeinflufst, läfst sich ohne Anwendung von Formeln nicht wohl erläutern.

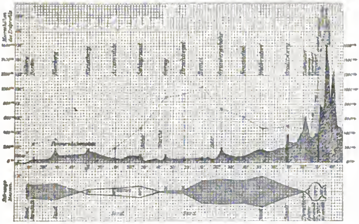
Es wird, bevor wir über die Resultate noch einige Bemerkungen hinzufügen, von Interesse sein, den Pendelapparat und die Art der Beobachtung noch kurz zu betrachten.

Die Pendel sind sämtlich nahezu Halbsekundenpendel, also etwa ¼ m lang. Im wesentlichen sind sie ebenso wie die Sterneckschen, nur dafs die Verbindung der Stange mit Schneide und Linse noch fester ist. Sie bestehen aus Messing und sind zum Schutz gegen Oxydation stark vergoldet. Das Gewicht eines Pendels beträgt etwa 1⅓ kg. Die Stange hängt in der Mitte der Stahl- oder Achat-

Schneide, die auf einer Unterlage von Stahl oder Achat ruht. Oben an der Schneide ist ein kleiner Spiegel senkrecht angebracht, so dafs beim Schwingen ein in der Schwingungsebene einfallender Lichtstrahl auf und nieder zurückgeworfen wird, und neben diesem beweglichen Spiegel befindet sich ein am Stativ befestigter. An der zugekehrten Seite des etwa 2 m davor aufgestellten sog. Koinzidenzapparates ist eine senkrechte Skala mit einem Loch an der Stelle des Nullpunktes angebracht. Oben auf diesem Apparat ruht ein horizontales Fernrohr, das so nach den Spiegeln gerichtet ist, dafs ein aus der erwähnten Öffnung austretender Lichtstrahl durch den Spiegel hinein reflektiert wird. In der Ruhelage stehen beide Spiegel parallel, so dafs der Nullpunkt der Skala (das Loch) in beiden neben einander erscheint. Schwingt das Pendel, so bewegt sich sein Bild in dem beweglichen Spiegel auf und nieder. Nun läfst ein von der Uhr jede Sekunde geschlossener elektrischer Strom mittels einer durch einen Elektromagneten bewegten Klappe nur jede Sekunde einen Lichtblitz aus der Öffnung austreten, und es ist ersichtlich, dafs beim Schwingen des Pendels der Blitz bei jeder Sekunde an einer anderen Stelle, allmählich immer höher oder immer tiefer erscheint, als sein im festen Spiegel reflektiertes Bild, das an derselben Stelle bleibt. In dem Augenblicke, wo das Pendel durch seine Ruhelage geht, würde der bewegliche Lichtpunkt in der Höhe des festen erscheinen, wenn dies mit einem Sekundenblitze zusammentrifft. Aber nur wenn das Pendel genau eine halbe Sekunde schwingt, wird sich nach einer Sekunde dies wiederholen, sonst wird erst nach einer Reihe von Sekunden eine Koinzidenz stattfinden. Eine einfache Überlegung läfst dann erkennen, wieviel Schwingungen das Pendel zwischen zwei Koinzidenzen gemacht hat, und damit ist die Dauer einer Schwingung bestimmt.

Die erhaltenen Resultate der Schwingungszeiten und hieraus der Schwerkraftswerte der verschiedenen Stationen sind dann, um sie vergleichbar zu machen, auf das Meeresniveau reduziert, wobei aufser auf die Zunahme der Schwerkraft in der Richtung nach dem Erdmittelpunkte auf den Einflufs der sichtbaren Massen bis zur Höhe und in der Umgebung der Stationen Rücksicht genommen ist. Dann erst sind diese Werte vergleichbar mit denjenigen, welche man theoretisch für das Geoid (das ungefähr gleichbedeutend mit der unter dem Festland fortgesetzt gedachten Meeresfläche als Gestalt der Erde angenommen wird) ableiten kann. Die Unterschiede, die auftreten, deuten an, dafs aufser den sichtbaren Massen unter der Erdoberfläche Massenverdichtung oder Massenmangel vorhanden ist. Offenbar

werden solche Anomalien der Massenverteilung um so gröfseren Einflufs haben, je näher sie der Oberfläche sind, und umgekehrt würde man sie noch bedeutender annehmen müssen, wenn man Grund dazu hätte, sie in grofse Tiefen zu verlegen. Hierüber vermögen aber die Pendelbeobachtungen nichts zu entscheiden, und wenn die störenden Schichten in der beifolgenden Skizze ihrer räumlichen Ausdehnung nach angegeben sind, so sollen dadurch nicht die wirklichen Verhältnisse angedeutet werden, sondern sie sind so berechnet, als wenn sie unmittelbar an der Erdoberfläche lägen, also ihren stärksten Ein-



Schwereprofil im Meridianschnitt: Schneekoppe—Kolberg.

flufs ausübten. Ebenso ist natürlich die Form eine willkürliche. Die dargestellten Schichten sind mit Gestein von ungefähr der mittleren Dichtigkeit der Erdoberfläche angefüllt zu denken und sind, je nachdem sie schraffiert gezeichnet oder weifs gelassen sind, zu den vorhandenen Massen hinzuzufügen oder von ihnen abzuziehen, im letzten Falle also als Hohlräume wirkend.

Eigentümlich ist hier, wie dies auch die Schweremessungen in den Alpen gezeigt haben, dafs unterhalb des Gebirges ein Massendefekt konstatiert wurde. Die sichtbaren Massen lenken das Lot nach Süden ab, am meisten in halber Höhe des Gebirges (Alter Bruch), aber schon in Grunau wirken die unterirdischen Massenanhäufungen im Norden den oberirdischen im Süden entgegen, so dafs das Lot

nur wenig von diesen beeinflufst ist. Diese grofse Massenanhäufung, welche 20 km nördlich von Gröditzberg beginnt und unter dem Oderthal hinweg bis etwa Tirschtiegel sich hinzieht und sich vermutlich auch nach Ost und West fortsetzt, bringt wieder grofse Lotabweichungen in ziemlich ebener Gegend zu stande. Die dann nördlich durch das Pendel konstatierten Defekte, die man sich nicht notwendig als Höhlungen vorzustellen hat, geben bei Kleistberg zu äufserst geringen Lotabweichungen Anlafs, während die sichtbaren Erhebungen der Pommerschen Seenplatte mehr als die darunter liegenden, also wahrscheinlich nach Ost und West nicht sehr breiten Verdichtungen wieder gröfseren Einflufs auf das Lot zeigen. A. Galle.

Erdbeben in Island.

Wie erinnerlich, wurde im August und September dieses Jahres ein grofser Teil der Insel Island von ungewöhnlich starken Erdbeben heimgesucht. Die ersten kurzen Mitteilungen erfahren jetzt eine schätzenswerte Bereicherung durch eine Veröffentlichung des bekannten isländischen Geologen Dr. Thoroddsen, die im 7. und 8. Heft der dänischen geographischen Zeitschrift erschienen ist. — Es giebt in Island drei Gebiete, in denen in der Hauptsache Erdbeben sich zu ereignen pflegen. Das erste derselben liegt im Nordosten der Insel zwischen dem Öfjord und dem Thistilfjord und umfafst das grofse vulkanische Gebiet um den Mückensee herum. Das zweite liegt in der von einer Reihe grofser Ströme durchflossenen südisländischen Tiefebene und das dritte im Westen in der Umgebung der Faxabucht, an welcher die Hauptstadt des Landes, Reykjavik, liegt. So häufig auch die Insel von Erschütterungen heimgesucht wird, und obwohl kaum ein Jahr vergeht, in dem nirgends ein Beben der Erde wahrgenommen wird, so haben doch glücklicherweise die meisten Erdbeben keinen direkten Schaden in ihrem Gefolge. Eine beklagenswerte Ausnahme von dieser Regel aber haben die jüngsten Erdbeben gemacht, die an Stärke nur mit demjenigen des Jahres 1784 verglichen werden können. Das erste ungewöhnlich heftige Erdbeben wurde in Reykjavik am 26. August abends 9 Uhr 50 Minuten bemerkt, dauerte etwa eine Minute, begann mit einem ziemlich starken Stofse, setzte sich mit mäfsigen Erschütterungen fort und schlofs mit einem zweiten Stofse, der an Stärke den ersten noch übertraf. Während des

Verlanfee der Nacht wurden noch mehrsre schwache Bswegungen gefühlt, absr erst am 27. Auguet morgens $9^1/_2$ Uhr kam dsr dritte etarke Stofs, der zur Folge hatte, dafs an den Bsrgen dsr Umgegend von Reykjavik verschiedene Felestürze erfolgten. Im Anfange glaubte man, dafs das Bsben auf einsr der Bruchlinien in der Umrandung des Faxafjord stattgefunden habe, bis die aue dem Innern der Insel einlaufendsn Nachrichtsn zeigten, dafs man es hier mit den Ausläufsrn eines verhoerenden Erdbsbens zu thun hatte, dessen Zentrum in dsr grofsen südieländiechsn Tiefebene lag. Die genaue Zeit dee Eintrstens der Erschütterung im Zentralgebiete läfst eich nicht feststellsn, da die Uhrsn im Innern des Landes in dsr Zeit dsr Hsuernte, weil 1—2 Stunden vorgestellt, alle falsch gehen. Die Bevölkerung war gsrade im Bcgriff, sich zur Ruhe zu begeben, als der erste Stofs sintrat, dsr sogleich ganze Gehöfte mehr oder weniger zum Einsturz brachte. Ein grofssr Tsil der Bewohner mufsts halb angekleidst zum teil durch Fenster und Risse im Dach ins Freie flüchten, da die Thüren durch die Verschiebung dsr Wände meiet festgeklemmt waren. Allein im Rangarvallasyssel wurdsn 50—60 Höfs volletändig zerstört und eine noch gröfsers Anzahl mehr oder weniger beschädigt, wobei zu berücksichtigen ist, dafe jeder isländische Bauernhof aus 10—20 verechiedenen Häusern und Ställsn sich zusammensetzt. Die gröfste Energie entwickslte das Erdbebsn in den Bezirken Land, Eyetri-Hreppur und Holt. In Rangarvsllir sollsn die meieten Höfe zsrstört sein, in Eystri-Hreppur blisbsn von 31 nur 4 unbeechädigt. Von hier aus nimmt nach den Seiten hin der angsrichtete Schaden allmählich ab. Das erschüttsrts Gebist des Flachlandes wird zum grofsen Teil von losen, jüngersn Bildungen zusammengssetzt, dis auf Tuffsn und Palagonitbreccisn auflagern. Aus dissor grofsen Ebsne hsraus erheben sich sins Anzahl vulkanischsr Tuffberge, von denen in sehr altsr Zeit Lavaströms ausgsgangsn sind. In dieeer Ebene wurde durch das Erdbeben eine ganze Anzahl von Spaltsn erzsugt, deren eine eine Länge von 2 Msilen, aber nur eine Brsite von $^1/_2$—1 Elle besafs. Auch in dsn Bsrgen entstanden zahlreiche Spalten, und manche Felesn wurden von oben bis unten zerrissen. Sogar in dsn hsifsen Quellsn, die in diesen Gebieten in sehr grofssr Zahl sich finden, entstandsn mannigfache Veränderungen, indem die einsn verechwanden, an anderen Stellen neue auftraten, die Temperatur von manchen sich wesentlich erhöhte, und gswöhnliche Kochquellen sich in kleins Geyeirs vsrwandeltsn. Auch auf dsr Ses wurde der Stofs wahrgenommen, denn ein Schiff, welchss in 100 Fadsn tiefsm Wasser

in der Nähe der Westmännerinseln segelte, erhielt einen so starken Stofs, als ob es auf einen Felsen aufgelaufen wäre. Der Verlust von Menschenleben ist merkwürdigerweise auf einen Mann beschränkt, der auf den Westmännerinseln von einem Felsen erschlagen wurde. Auch der Schaden an Vieh ist nicht übermäfsig, da die Schafe noch nicht von den Hochweiden zusammengetrieben waren.

Vom 27. August bis 4. September fanden anhaltend schwache Bewegungen statt, sodafs die Bevölkerung die Nächte in Zelten oder improvisierten Hütten verbrachte. Am 5. September abends 10½ Uhr, in einer stockfinsteren, nebeligen Nacht, erfolgte abermals ein gewaltiger Stofs, der etwa eine Minute dauerte. Das Zentrum des Bebens hatte sich mehr nach Westen hin verlegt, und die bei dem ersten Erdbeben besonders heimgesuchten Gebiete südwestlich vom Hekla hatten jetzt weniger zu leiden als die weiter westlich nach der Ölfusá gelegene Landschaft. Hier wurden in einem Momente 30 Höfe zu Ruinen und 30 andere schwer beschädigt, und sicher hätten auch eine Menge Menschen ihr Leben verloren, wenn sie nicht durch einige vorhergehende schwächere Stöfse aus den Häusern geschreckt wären. Die Erschütterungen, die während dieser Nacht sich fortsetzten, waren so stark, dafs kein Mensch aufrecht stehen konnte, sondern dafs die Leute am Boden lagen und sich an irgend welchen Gegenständen festhalten mufsten.

Eine bemerkenswerte Beobachtung wurde an einem der Berge gemacht, die sich aus der Ebene erheben; Augenzeugen berichten, dafs während eines der starken Stöfse der Berg sich mit so heftigen Bewegungen schüttelte, wie etwa ein Hund, der im Wasser gewesen ist, dasselbe abschüttelt. Dabei flog die mit Gras oder Buschwerk bewachsene Bodendecke in grofsen Lappen von den Flanken des Berges ab, und das nackte Gestein trat zu Tage. Ganz besonders auffällig und den Schrecken der heimgesuchten Bevölkerung aufs höchste steigernd, waren die mit diesen furchtbaren Erdstöfsen verbundenen Geräusche. ¾–1½ Stunden lang ertönte mehrmals ein solches Dröhnen, Brausen und Krachen, dafs die Menschen aus nächster Nähe sich selbst bei lautestem Schreien nicht verständigen konnten und nicht anders glaubten, als dafs der Untergang der Erde nahe sei. Bis zum Abgange der letzten Nachrichten, die etwa vom 16. September datieren, dauerten die Erdstöfse mit geringerer Intensität, von einigen stärkeren unterbrochen, fort. Die gesammelten Beobachtungen sind noch zu unvollständig, um ein klares Bild über die Ursachen und den Verlauf der ganzen Erscheinung zu gewinnen, aber es läfst

sich doch schon mit Sicherheit der Schlufs ziehen, dafs es sich hier um die Folgen von tektonischen Bewegungen handelt. Auf einer der Bruchlinien, die die südisländische Tiefebene begrenzen, haben zweifellos Verschiebungen der einzelnen Teile gegeneinander stattgefunden, und die Erschütterungen sind nichts anderes, als die Äufserungen der unheimlichen Kräfte, die bei diesem Werke zur Entfaltung kommen.

Dr. K. Keilhack.

Die Farbe des Wassers und des Eises.

Vor mehr als 50 Jahren hat Bunsen den Nachweis geführt, dafs reines Wasser bei genügender Dicke blau erscheint, und damit das Farbenspiel gewisser Seen und des Meerwassers erklärt. In der blauen Farbe stimmt also das Wasser mit der Luft überein, denn des Himmels Bläue ist die Farbe der Atmosphäre. Jedoch hat Tyndall gezeigt, dafs das Blau des Himmels nicht notwendig die Farbe der Gase der Lufthülle zu sein braucht, sondern sich sehr wohl aus gewissen Reflexionen ergeben könne, die das Sonnenlicht an sehr dünnen schwebenden Teilchen erleidet, welche er eine „entstehende Wolke" nannte. Damit ward der Ursprung des Blaus in Seen und Meeren von neuem als einer Untersuchung bedürftig hingestellt.

Für das Licht in der „blauen Grotte" von Capri, dessen wunderbare Effekte bekanntlich Folgen einer Durchleuchtung des Wassers sind, an dessen Oberfläche die eindringenden Lichtstrahlen eine totale Reflexion erleiden,[1]) hat Prof. H. W. Vogel aus Charlottenburg bereits vor 20 Jahren mit dem Spektroskope festgestellt, dafs das Wasser einen guten Teil der Strahlen zwischen den Fraunhoferschen Linien C und E absorbiert, während das ganze rote Ende des Spektrums bis zur Natriumlinie D im Gelb völlig verschwindet. Vor zwei Jahren hat derselbe[2]) dann auch das Licht des Wassers und der Wände anderer Grotten der Insel — der sogen. grünen und roten Grotte — untersucht. Hier fehlte jede Spur der ersterwähnten Absorptionsbande, dagegen war ebenso wie in der blauen Grotte das rote Ende des Spektrums völlig verzehrt, und nur ein Streifen azurblauen Wassers innerhalb der grünen Grotte wies die früher beobachteten Absorptionsbanden auf. Auch die „rote" Grotte zeigte keines-

[1]) H. u. E. Bd. IV. S. 466.

[2]) Ann. d. Phys. u. Chem. I 1895 S. 175 ff.

wegs eine Spur von rotem Lichte, sondern auch hier waren nur die bei Seewasser gewöhnlichen Absorptionserscheinungen sichtbar. Ganz ähnliche Vorgänge liefsen sich auch in den Schweizer Eishöhlen konstatieren. Immer zeigte sich eine Absorption des roten Endes des Spektrums, welche allmählich gegen das Gelb hin an Stärke abnahm; auch hier wurden keine besonderen Banden in anderen Teilen des Farbenbandes gefunden. Ebenso hat Vogel die Quellen des Yellowstone untersucht und Schönns dunkle Wasserbanden im Rot und Rotgelb stark hervortreten sehen.

Eine andere Erscheinung,[3]) welche die Frage der Beantwortung näher bringen könnte, ist die Polarisation des aus dem Wasser kommenden Lichtes. Hagenbach und Soret haben die für das Himmelslicht längst bekannte Thatsache auch für das aus gewissen Seen dringende Licht konstatiert. Im Gegensatz zu Bunsen haben freilich Hayes und Arago behauptet, dafs das Wasser keine eigentümliche Farbe habe, dafs sein Blau vielmehr durch gewisse physikalische Vorgänge oder fremde Beimischungen hervorgebracht sein könne, aber Bunsens Beobachtungen sind von Spring u. a. als richtig erkannt worden.

Wenn nicht alles Wasser blau erscheint, so läfst sich das sehr wohl durch die Reflexion des Lichtes an gewissen dem Wasser beigemengten festen Körperchen erklären, die für sich farblos sein könnten und im Wasser schwebend ein trübes Medium bilden. Dieses besitzt die optische Besonderheit, dem Durchgang der wenig brechbaren — roten und gelben — Strahlen weniger Widerstand zu leisten, während es kurzwelliges Licht zurückwirft, so dafs es blaue oder violette Empfindungen erzeugt. Erscheinen uns demnach weifse Gegenstände durch solches Wasser in einem mehr oder weniger orangefarbigen Gelb, so wird das von einem solchen Medium reflektierte Licht sich bläulich erweisen. Wächst die Zahl solcher schwebenden Teilchen, so kann das reflektierte Licht grün oder gelblich erscheinen und bis zu einem immer dunkleren Braun hin sich verdüstern. Durch Versuche in der Schweiz hat Spring in der That festgestellt, dafs nicht ganz klare grüne Seen, wie z. B. der Brienzer, mehr Licht zurückwerfen, als klare blaue Seen, wie z. B. der Blauensee im Kanderthal.

Nun ergiebt sich aber das folgende Dilemma:

[3]) Im Folgenden sich anschliefsend an Spring: „Couleur de l'eau des lacs et des mers" in Ciel et terre XVIII, 11 (1. Aug. 1896).

Eine Wassermasse wird nur dann rein blau erscheinen, wenn sie keine trübenden Stoffe enthält; ist aber das Wasser physikalisch als rein anzusehen, so darf es gar kein Licht zurückwerfen; hinreichend tiefe Seen und Meere müfsten alle Lichtstrahlen verzehren, also schwarz und nicht blau erscheinen. Dem widerspricht die Beobachtung: das mittelländische Meer und der Genfersee erscheinen in den tiefen Teilen in einem reineren und stärkeren Blau. Es mufs also jedenfalls selbst in den stärksten Seen eine Ursache der Trübung vorhanden sein, welche Tyndall und Soret in unsichtbaren im Wasser schwebenden Teilchen sahen, die auch die blaue Farbe der Seen hervorbringen sollte.

Indessen ist es nicht gelungen, dergleichen bisher nachzuweisen. Spring hat die Frage daher von neuem experimentell aufgenommen und ist zu einer Reihe interessanter Ergebnisse gelangt, welche — wie es scheint — das Dilemma definitiv beseitigen. Dies war sein Gedankengang:

Um die feinen Staubteilchen, denen man die blaube Farbe der Atmosphäre zuschreibt, die aber in einer relativ schwachen Luftmasse keine sichtbare Wirkung hervorbringen, nachzuweisen, bedarf man nach Tyndall einer mächtigen Lichtquelle. Dann entdeckt man sie durch die Beugung und sieht sie in allseitiger Bewegung. In einer hinreichend dicken Luftschicht verraten sie sich aber, indem sie die Luft ihrer Durchsichtigkeit berauben. So sind z. B. die Umrisse eines fernen Gebirges[4]) immer undeutlicher, je weniger rein die Luft ist; die Gegenstände erscheinen weiter entfernt. Wenn der Regen jene unsichtbaren Körperchen zu Boden geworfen hat, so ist die Luft klarer, und die Gegenstände am Horizont scheinen uns näher zu liegen. Da die Farbe des Wassers viel besser markiert ist, als die eines gleichen Luftvolumens, so müfste allem Anschein nach die Einbufse, welche das Wasser durch etwaige schwebende Körperchen an Durchsichtigkeit erleidet, noch viel deutlicher sein.

Wenn man nun eine Röhre von 26 m Länge und 15 mm lichter Weite mit Wasser füllt und der Länge nach hindurchsieht, so zeigt sich dasselbe in einem sehr reinen Dunkelblau. Bei wolkigem Dezemberhimmel ging kaum eine Spur von Licht hindurch, aber an heiteren Tagen oder bei künstlicher Beleuchtung, war die Beobachtung leicht. Hieraus folgt, dafs destilliertes Wasser nicht genug Staubteilchen enthält, dafs seine Durchsichtigkeit in einer 26 m dicken

[4]) H. u. E. Bd. VII. S. 242.

Schicht geändert werden könnte, d. h. es wird überhaupt keinen Staub enthalten. Erleuchtet man ferner dies Wasser durch Auersches Gasglühlicht, so kann man das Licht durch eine Seitenöffnung nur höchstens bis zu einer Entfernung von 2 m vom belichteten Ende wahrnehmen. Dabei war aber das Wasser doch von der höchsten Durchsichtigkeit, und es lag kein Grund vor anzunehmen, dafs etwa gerade in der 2 m dicken durchleuchteten Schicht Staubteilchen in genügender Menge sich konzentriert hätten, um die Durchleuchtung zu bewirken, in den übrigen 24 m aber nicht. Da stellte sich Spring die Frage entgegen: da die Wärmestrahlen der Lichtquelle ja auch gerade die Eigenschaft haben, nicht tief in das Wasser einzudringen, ob nicht Verschiedenheiten in der Temperatur des Wassers eine physikalische Ungleichmäfsigkeit desselben hervorbringen könnten, welche die Ursache der Erleuchtung wäre. Er füllte also das lange Rohr, nachdem er es auf 4° abgekühlt hatte, mit Wasser von 16° und konnte jetzt die fast völlige Undurchsichtigkeit desselben konstatieren, die erst beim allmählichen Ausgleich der Temperatur einer zunehmenden Helligkeit wich. Diese erreichte nach einigen Stunden den gewöhnlichen Grad. Hiernach steht die Wirkung einer geringen Temperaturungleicheit auf die Durchsichtigkeit einer hinreichend langen Wassersäule aufser Zweifel. Man kann sich diese Wirkung leicht klar machen; das einfallende Licht geht ja durch ein so heterogenes Medium nicht geradlinig hindurch, sondern wird beim Übergang von einem Punkte zu einem andern von verschiedener Dichtigkeit fortwährend gebrochen und zurückgeworfen und gelangt nur schwer ins Auge des Beobachters.[5] Dafs auch für Wasserschichten von geringerer Dicke die Durchsichtigkeit sehr beträchtlich vermindert werden kann, zeigten weitere Versuche durch ungleichmäfsige Erwärmung.

Jedenfalls folgt aus den Experimenten, dafs Konvektionsströme einer Flüssigkeit auf den Weg eines Lichtstrahls eine um so leichter zu konstatierende Wirkung ausüben, je gröfser die Masse der Flüssigkeit ist. Das Licht wird an den ungleich dichten Schichten zurückgeworfen und gebrochen und unregelmäfsig nach allen Richtungen zerstreut, gerade so als wenn die Flüssigkeit sehr kleine Körperchen enthielte. Dieselbe erscheint also nicht mehr „optisch leer“.

Hiernach ist es sehr wahrscheinlich, dafs die blaue Farbe

[5]) Der Vorgang hat viel Ähnlichkeit mit der Undeutlichkeit des Sehens in der Luft bei hellem Sonnenschein, weil die ungleichmäfsige Erwärmung ein Flimmern der Luft, den „Sonnennebel“ hervorbringt.

der reinsten Gewässer eine Folge von Konvektionsströmen ist. Der See wird desto dunkler erscheinen, je weniger er von ihnen enthalten wird, ohne dafs er chemisch im geringsten sich geändert hätte. Dies wird durch Beobachtungen von F. A. Forel bestätigt, nach welchen die Durchsichtigkeit der Süfswasserseen im Winter gröfser als im Sommer ist. Die Ursache ist hier sehr klar, denn natürlich sind die Temperaturdifferenzen des Seewassers im Sommer gröfser, und die Konvektionsströme dann heftiger als im Winter. Ebenso ist es durchaus wahrscheinlich, dafs auch die Polarisation des vom Wasser reflektierten Lichtes nicht durch im Wasser schwebende Körperchen, sondern durch Schichten verschiedener Dichte im Wasser bewirkt wird, an denen die Strahlen zurückgeworfen werden. Sm.

Bibliographisches

W. J. van Bebber: Die Beurteilung des Wetters auf mehrere Tage voraus. Stuttgart, Ferd. Encke. 1896. 8°. 52 S. Preis 1 Mk.

Der auch den Lesern dieser Zeitschrift durch mehrere Beiträge bekannte Verf. hat es sich offenbar zur Aufgabe gemacht, immer wieder — teils durch ausführliche Werke wie das Handbuch der ausübenden Witterungskunde, teils durch ganz kurze Darstellungen wie die vorliegende — auf die Bedeutung der synoptischen Meteorologie hinzuweisen und den weitesten Kreisen den Wert der Wetterkarte klar zu legen. Einen grofsen Teil dieses Heftes nehmen daher wieder die allgemeinen Lehren der praktischen Witterungskunde ein. Die Beurteilung des Wetters auf mehrere Tage voraus gründet sich darauf, die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen durch Aufstellung von Hauptwetterlagen — der Verf. unterscheidet, offenbar der Einfachheit halber, nur deren fünf — zu überblicken. Für dieselben wird an der Hand von Karten gezeigt, welche Wirkung sie auf unser Wetter ausüben, wie sie mit einander abwechseln und in einander übergehen. Aus ihnen läfst sich, da sie manchmal eine grofse Erhaltungstendenz haben, bezw. langsam und gleichmäfsig vorüberziehen, ein Schlufs auf den allgemeinen Witterungscharakter der nächsten Tage ziehen.

Sg.

W. Weise: Die Kreisläufe der Luft nach ihrer Entstehung und in einigen ihrer Wirkungen. Berlin, J. Springer. 1896. 8°. 86 S. 4 Tafeln. Preis 3 Mk.

Im allgemeinen werden es die Meteorologen stets dankbar anerkennen, wenn aufmerksame Beobachter der Natur das Ergebnis ihrer Wahrnehmungen und die daraus gezogenen Schlufsfolgerungen veröffentlichen. Wenn jedoch an den Grundgesetzen der atmosphärischen Zirkulation, welche keineswegs auf künstlich aufgebauten Theorien, sondern grofsenteils auf streng mathematischer Basis entwickelt sind, gerüttelt und beispielsweise der vom Verfasser vertretene mittelalterliche Standpunkt wieder hervorgeholt wird, dafs die Meeres- und Luftströmungen auf die verschiedene Rotationsgeschwindigkeit der festen Erde, des Wassers und der Luft zurückzuführen sind, dann braucht darüber heutzutage kein Wort mehr verloren zu werden. Es ist nur zu bedauern, dafs so manche recht interessante Mitteilung über die Ablenkung der Winde durch lokale Hindernisse nicht genügend beachtet werden wird; man findet hier u. a. ganz ähnliche Vorstellungen über die Bildung von Teildepressionen, wie sie namentlich Billwiller für das Alpengebiet erörtert hat. Hätte der Verf. seine reichen Erfahrungen über die Schadenwirkung von Stürmen in Waldungen, wovon er in diesem Buche gelegentlich spricht, übersichtlich zusammengestellt, so hätte er damit der Meteorologie sicherlich einen viel gröfseren Dienst erwiesen als durch die Veröffentlichung seiner Hypothesen.

Sg.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Komet Holmes und der grofse Andromedanebel.
Nach einer Photographie von E. E. Barnard, Lickssternwarte.

Himmel und Erde.

Der Kirchhoffsche Satz und seine Folgerungen.

Von Prof. Dr. J. **Scheiner** in Potsdam.

Nahe 30 Jahre sind verflossen, seitdem Kirchhoff den nach ihm benannten Satz fand und bewies, der die Theorie der Spektralanalyse begründete und das Fundament einer Wissenschaft wurde, in der sich in schneller Aufeinanderfolge die schönsten Entdeckungen häuften und deren Weiterentwickelung sich auch heute noch nicht überschauen lässt. Wohl kaum eine Nummer dieser Zeitschrift dürfte existieren, in welcher nicht über Entdeckungen auf dem Gebiete der Spektralanalyse berichtet wird, oder in der nicht mittelbar wenigstens von dem Kirchhoffschen Satze Gebrauch gemacht wird, und wohl jeder Leser wird diesen Satz kennen, oder doch glauben, ihn zu kennen oder würdigen zu können. Und mancher wird wissen, dafs der Satz an sich sehr einfach und leicht zu verstehen ist, während sein mathematischer Beweis allerdings sogar tüchtigen Mathematikern noch grofse Schwierigkeiten bereitet. Das letztere ist zweifellos richtig, das erstere ebenso zweifellos unrichtig. Gewifs klingt er sehr einfach und leicht verständlich; aber die Schwierigkeiten zeigen sich erst bei dem Versuche, tiefer in ihn und seine Folgerungen einzudringen.

Es ist der Zweck der folgenden Zeilen, einerseits diese Schwierigkeiten zu zeigen, andererseits aber auch sie für den Leser zu heben. Gänzlich ohne Anwendung mathematischer Formeln läfst sich dies nicht erreichen, aber dieselben sollen die Grenzen des auf

einer höheren Schule zu erwerbenden Wissens nicht überschreiten, auch sollen sie nur eine möglichst beschränkte Verwendung finden, nur als kurze Deutung des durch Worte bereits erklärten dienen.

Verfasser möchte gleich hier darauf hinweisen, dafs eine verständliche Darstellung dieser schwierigen Verhältnisse nur bei präziser und einfacher Ausdrucksweise möglich ist, zu blütenreichem Stil und poetischem Aufschwung ist wenig Gelegenheit gegeben. Wer nicht Belehrung, sondern nur Unterhaltung verlangt, der fange lieber gar nicht mit der Lektüre an.

Die Spektralanalyse als experimentelle Wissenschaft wurde von Fraunhofer begründet, und durch ihn und seine Nachfolger sind bereits eine Reihe sehr wichtiger Thatsachen konstatiert worden. Fraunhofer erkannte, dafs die nach ihm benannten schwarzen Linien zum gröfsten Teile stets unverändert im Spektrum der Sonne auftreten, so dafs er sie als Marken zur Bestimmung der Brechungskoëffizienten seiner Glassorten verwenden konnte. In Verbindung mit der von ihm ebenfalls entdeckten Thatsache, dafs auch im Spektrum einiger Sterne die hauptsächlichsten Linien vorkommen, schlofs er auf den solaren Ursprung dieser Linien. Spätere Erfahrungen lehrten, dafs doch manche Linien des Sonnenspektrums, besonders im gelben und roten Teile desselben, nicht unveränderlich sind, sondern dafs deren Intensität und Aussehen sehr stark mit der Höhe der Sonne über dem Horizonte und mit meteorologischen Zuständen unserer Atmosphäre variiert. Man schlofs daraus richtig, dafs diese Linien ihre Ursache nicht auf der Sonne, sondern in der Atmosphäre unserer Erde hätten.

Während die Kerzenflamme oder glühende Metalle u. dergl. nur ein kontinuierliches Spektrum lieferten, gaben die Dämpfe chemischer Substanzen, vor allem die der leicht verdampfbaren Metallverbindungen, Spektra mit hellen Linien, und man erkannte bald, dafs eine sehr helle gelbe Linie, die stets erschien, wenn Natriumverbindungen in der Lichtquelle verdampften, sich genau an dem Orte einer starken dunklen Linie im gelben Teile des Sonnenspektrums befand, die Fraunhofer mit dem Buchstaben D bezeichnet hatte. Foucault hatte sogar im Jahre 1849 gefunden, dafs im elektrischen Lichtbogen häufig in der Mitte der hellen Natriumlinie eine dunkle Linie erschien. Diese äufserst wichtige Entdeckung ist leider ihrer theoretischen Folgerung nach gänzlich unbeachtet geblieben.

Der Gedanke, dafs die schwarzen Linien durch Absorption verursacht seien, mufste sich den Physikern natürlich bald aufdrängen,

und so haben denn gleich die ersten Versuche einer theoretischen Deutung des Zusammenhangs zwischen hellen und dunklen Linien den richtigen Weg eingeschlagen. Der schwedische Physiker Ångström gab 1853 den Satz an, dafs ein glühendor Körper diejenigen Lichtstrahlen aussende, welche er bei gewöhnlicher Temperatur aus dem ausstrahlenden Lichte absorbiere. Dieser Satz klingt dem Kirchhoffschen bei oberflächlicher Betrachtung sehr ähnlich, und doch ist er, wie wir später sehen werden, im wesentlichsten Punkte unrichtig. Etwas näher ist Balfour Stewart der Wahrheit gekommen, als er 1858 den Satz aufstellte, dafs eine für Wärmestrahlen teilweise durchsichtige Platte denselben Betrag an Licht ausstrahle, wie sie bei derselben Temperatur absorbiere. Einen strengen Beweis für diesen Satz hat aber Stewart nicht erbracht. Übrigens hatte schon etwa 10 Jahre früher Stokes die Behauptung aufgestellt, dafs auf der Sonne Natrium vorhanden sei, wegen des Zusammenfallens der hellen Natriumlinie mit der dunklen D-Linie. Aber auch diese durchaus richtige Folgerung war mehr ein richtiges Fühlen als eine wissenschaftliche Klarstellung.

Streng zielbewufst und in wissenschaftlicher Weise ist allein Kirchhoff vorgegangen, der im Jahre 1859 den Zusammenhang zwischen Absorption und Emission klarlegte und den Beweis hierzu mit einer logischen und mathematischen Schärfe lieferte, die noch heute als klassisches Muster gelten mufs.

Der von Kirchhoff gefundene Satz lautet folgendermafsen: „Das Verhältnis zwischen Absorption und Emission ist für jede Strahlengattung bei der gleichen Temperatur für alle Körper dasselbe."

Er hat also keineswegs die Fassung, die man in populären Darstellungen fast stets findet, dafs glühende Gase aus dem weifsen Lichte dieselben Strahlen absorbieren, die sie auch aussenden, sondern er ist viel allgemeiner, und die letztere Darstellung ist nur eine Folgerung aus dem allgemeinen Satze, deren Herleitung erst mühsam erlangt werden mufs.

Wir müssen nun die zu Grunde liegenden physikalischen Begriffe etwas näher erklären, um weiter in das Verständnis des obigen Satzes eindringen zu können.

Unter Emission versteht man diejenige Lichtintensität, welche von einer als Einheit gewählten kleinen Fläche (z. B. einem Quadratmillimeter) eines selbstleuchtenden Körpers ausstrahlt. Es wird hierbei ganz allgemein jeder Stoff als Körper bezeichnet, gleichgiltig,

ob derselbe ein fester Körper, oder gasförmig, oder flüssig ist. Ist der Körper durchsichtig, so kommt das von ihm emittierte Licht nicht bloſs von der Oberfläche her, sondern auch aus dem Innern; es soll dann unter der Emission die Gesamtmenge des Lichts, welches senkrecht aus der kleinen Fläche ausstrahlt, verstanden werden. Unter Absorption versteht man den Lichtverlust, welchen ein den Körper treffender Lichtstrahl nach seinem Durchgange durch denselben erlitten hat. Dieser Lichtverlust wird stets in Teilen der ursprünglichen Lichtintensität ausgedrückt, die Absorption ist also stets ein echter Bruch. Fällt z. B. ein Lichtstrahl auf eine dicke Glasplatte, so möge er beim Durchgang durch dieselbe so geschwächt werden, daſs seine Intensität nachher nur noch $^2/_3$ seiner ursprünglichen ist, dann ist die Absorption in diesem Falle $^1/_3$. Ist der betreffende Körper undurchsichtig, z. B. ein geschwärztes Metall, so wird alles Licht absorbiert, es geht nichts mehr hindurch, und die Absorption beträgt dann 1, wo diese 1 als denkbar gröſster echter Bruch aufzufassen ist. Die Beantwortung der Frage, welche Vorgänge bei der Absorption stattfinden, was aus dem absorbierten Lichte wird, da dasselbe als eine spezielle Kraftäuſserung ja nicht verloren gehen kann, gehört eigentlich nicht hierher; es sei nur angedeutet, daſs die Absorption hauptsächlich in der Umwandlung des Lichtes in eine andere Kraftform, wesentlich in Wärme beruht.

Kirchhoff weist nun ausdrücklich darauf hin, daſs sein Satz nur für solche Fälle — übrigens wohl bei weitem die Mehrzahl aller — giltig ist, in denen durch die Absorption das Licht als solches wirklich verschwindet, wesentlich also in Wärme verwandelt wird.

Es giebt bekanntlich einige Klassen von Körpern, bei denen dies nicht der Fall ist, z. B. bei den fluoreszierenden Körpern, bei denen ein groſser Teil des absorbierten Lichtes in Licht von einer anderen Farbe umgewandelt wird, so daſs ein solcher Körper für diese betreffende Farbe selbstleuchtend wird, ohne daſs seine Temperatur hoch ist. Die spektralanalytischen Untersuchungen hierhin gehöriger Fälle haben nach anderen Prinzipien, jedenfalls nicht nach dem Kirchhoffschen Satze zu erfolgen.

Wir können nunmehr auf den letzteren eingehen, wobei wegen seiner klassisch knappen Fassung geradezu jedes Wort beachtet werden muſs.

Der Satz handelt nur von dem Verhältnis von Absorption und Emission, er giebt nicht den geringsten Aufschluſs über die absoluten Beträge dieser beiden physikalischen Begriffe; bezeichnet

man der Kürze halber die Emission mit E und die Absorption mit A, so kann also zunächst immer nur der Bruch $\frac{E}{A}$ auftreten. Unter Ausschlufs der wenigen bereits angedeuteten Fälle, in denen bei der Absorption das Licht nicht blofs in Wärme umgewandelt wird (Fluoreszenz, Phosphoreszenz), ist der Satz von aufserordentlicher Allgemeinheit, er gilt für *alle* festen, flüssigen und gasförmigen Körper, einerlei, ob dieselben reine Elemente sind oder komplizierte chemische Verbindungen, ob sie durchsichtig oder undurchsichtig sind. Die Aussage, dafs das Verhältnis $\frac{E}{A}$ für alle Körper ein konstantes sei, gilt aber nur, wenn man dabei eine *bestimmte Temperatur* und eine *bestimmte Strahlengattung*, oder, was dasselbe ist, bestimmte Länge der Lichtwellen im Auge hat. So ist es z. B. nicht gestattet, den *Kirchhoff*schen Satz anzuwenden, wenn man die Emission eines Körpers bei einer gewissen Temperatur untersucht hat, seine Absorption aber bei einer gewissen anderen Temperatur. Ebenfalls läfst er sich nicht anwenden, wenn man z. B. die Emission der roten Strahlen bestimmt hat, dagegen die Absorption nur für die grünen Strahlen ermitteln konnte. Aus dieser Beschränkung der Giltigkeit, die ja gerade das Wesentliche der *Kirchhoff*schen Entdeckung ist, das seinen Vorgängern entgangen war, folgt ohne weiteres eine ganz allgemeine Einschränkung der Gebrauchsfähigkeit des *Kirchhoff*schen Satzes. Da nämlich die Lichtemission oder das Selbstleuchten *nur* eintreten kann, wenn eine gewisse Temperaturhöhe — die Glühtemperatur 535° — erreicht oder überschritten ist, so darf auch die Absorption, die ja schon vorher sehr gut merklich und mefsbar ist, erst von dieser selben Temperaturgrenze an berücksichtigt werden: *Der Kirchhoffsche Satz gilt also nur für glühende Körper.*

Wir wollen nun den Wert des Verhältnisses von Emission zu Absorption mit J bezeichnen, also $\frac{E}{A} = J$ setzen, und wissen dann, dafs bei allen Körpern für irgend eine bestimmte Temperatur und Wellenlänge dieses J eine Konstante ist. Für andere Werte der Temperatur und Wellenlänge hat J natürlich einen anderen Wert, der aber eben von nichts anderem abhängt als von der Temperatur und der Wellenlänge. In der Mathematik nennt man eine Gröfse, deren Wert nur von einer oder mehreren anderen Gröfsen abhängt, eine Funktion dieser Gröfsen, und in unserem Falle bedeutet dies also, dafs J eine Funktion von Temperatur und Wellenlänge ist.

Die Funktion J nennt man allgemein die Kirchhoffsche Funktion, und alle Schwierigkeiten der theoretischen Spektralanalyse würden gelöst sein, wenn die mathematische Form dieser Funktion gefunden wäre. Das ist aber trotz aller Anstrengungen bisher noch nicht geschehen, wohl aber hat schon Kirchhoff einige allgemeine Eigenschaften derselben angeben können, mit deren Hilfe sich nun sehr schöne Folgerungen ableiten lassen, die unserer jetzigen Spektralanalyse zu ihrer Bedeutung verholfen haben.

Aus der schon erwähnten Thatsache, dafs unterhalb einer gewissen Temperaturgrenze ein Glühen nicht stattfindet, also $E = 0$ ist, folgt zunächst, dafs auch $\frac{E}{A} = J$ unterhalb dieser Grenze $= 0$ ist, d. h., dafs der Wert der Kirchhoffschen Funktion bis zu dieser, für alle Körper gleichen Grenze Null ist, und erst dann beginnt merklich zu werden. Das ist der theoretische Beweis für das bereits viele Jahre früher von dem amerikanischen Physiker Draper experimentell gefundene Gesetz, dafs alle Körper bei der gleichen Temperatur zu glühen beginnen. Es ist nun nicht notwendig, dafs auch für das Auge dieses Glühen bei der gleichen Temperatur sichtbar wird, da ja das Emissionsvermögen (die Intensität des Leuchtens) für die verschiedenen Körper verschieden ist, und das erste Auftreten des Glühens bei Körpern mit starker Emission eher sichtbar werden wird als bei solchen mit schwacher.

Man kann aber ohne weiteres angeben, welche Körper stärker emittieren als andere, ohne dies vorher versuchen zu müssen, da ja $\frac{E}{A}$ für eine gegebene Temperatur konstant ist. Um diese Bedingung zu erfüllen, mufs nämlich, wenn E gröfser ist, auch A im gleichen Verhältnisse gröfser sein: also alle Körper, welche bei der Glühtemperatur noch eine starke Absorption ausüben, demnach vor allem die undurchsichtigen Körper, wie z. B. die Metalle, müssen ein sehr starkes Emissionsvermögen besitzen. Das kann sich jeder Laie sehr leicht experimentell beweisen. Bringt man z. B. in eine matt leuchtende Spiritus- oder noch besser Bunsenflamme dicht neben einander ein kleines Stückchen Glas und ein ebensolches Stückchen eines nicht verbrennbaren Metalls, z. B. Platin, so sieht man aufs deutlichste, dafs letzteres sehr viel stärker leuchtet als das durchsichtige, also mit geringerem Absorptionsvermögen behaftete Glas, obgleich beide offenbar die gleiche Temperatur besitzen.

Ein noch geeigneteres Beispiel ist das folgende: Hält man dicht über den Cylinder einer Petroleumlampe einen feinen Draht, so

beginnt derselbe ziemlich intensiv zu glühen, an dieser Stelle herrscht also die Glühtemperatur, d. h. die aus dem Cylinder ausströmenden Gase glühen wirklich, wir sehen es nur nicht, weil die Gase ein sehr geringes Absorptions-, mithin auch ein sehr geringes Emissionsvermögen besitzen. Ein Körper, dessen Absorptionsvermögen bei den höchsten Temperaturen Null ist, würde auch bei diesen Temperaturen absolut unsichtbar bleiben.

Wie aus dem Kirchhoffschen Satze folgt, gilt die Konstanz der Glühtemperatur nur für eine bestimmte Wellenlänge, für die verschiedenen Wellenlängen sind die Konstanten verschieden. Das lehrt auch der Augenschein; jeder Körper beginnt zuerst dunkelrot zu glühen, mit steigender Temperatur wird er hellrot, endlich weifs. Zuerst treten eben nur die roten Strahlen auf, bis allmählich alle übrigen Spektralfarben bis zum Violett erscheinen und in ihrer Gesamtheit den Eindruck des Weifs geben. Für die Wellenlängen, die dem Gelb entsprechen, liegt also die Glühtemperatur höher als die für die Roten, für die Blauen noch höher u. s. w.

Wir kommen nun zu der wichtigsten Eigenschaft der J-Funktion, die sich leider nicht a priori beweisen läfst, sondern nur durch einen allerdings sehr sicheren Analogieschlufs. Die Erfahrung hat bisher gelehrt, dafs alle in der Natur vorkommenden Funktionen oder Gesetze sehr einfach sind, wenn sie nicht von den speziellen Eigenschaften der Körper abhängen, sondern ganz allgemein sind. Als Beispiel brauchen wir nur an das so überaus einfache Gravitationsgesetz zu denken. Um an dieser Stelle keinem Mifsverständnisse ausgesetzt zu sein, mufs ich hinzufügen, dafs diese Einfachheit keine absolute zu sein braucht, sondern dafs die Gesetze in Wirklichkeit vielleicht sehr kompliziert oder mathematisch einfach gar nicht ausdrückbar sind, dafs aber für unsere Kenntnisse und vor allem für unsere Genauigkeitsforderungen die einfache Darstellung genügt. Das müssen wir demzufolge nach allen Erfahrungen auch für die Kirchhoffsche Funktion annehmen.

Eine Funktion einer Gröfse kann man bekanntlich durch eine Kurve darstellen, und eine Funktion verläuft einfach, wenn diese Kurve einen einfachen Verlauf hat, wenn sie also keine auffallenden Knickungen oder Maxima oder Minima hat. Eine einfache Funktion würde darnach beispielsweise diejenige sein, welche in Fig. 1 dargestellt ist, während die in Fig. 2 gegebene einer recht komplizierten Funktion entsprechen würde.

Wir nehmen somit als bewiesen an, dafs die J-Funktion einen ähnlichen Verlauf hat wie die Kurve in Fig. 1, in welcher irgendwie scharf hervortretende Maxima und Minima, wie in Fig. 2, nicht vorkommen, und können demnach ihre Eigenschaft weiterhin charakterisieren: Bei konstanter Temperatur nimmt J *kontinuierlich* (d. h. ohne Sprünge) mit zunehmender Wellenlänge ab, bis die letztere einen Wert erreicht, bei welchem J für die betreffende Temperatur (Glühtemperatur) Null wird.

Nun haben wir nur noch einen einzigen, aber inhaltreichen Schritt bis zur berühmten Folgerung von der Identität der hellen und dunklen Linien im Spektrum der Gase zu thun.

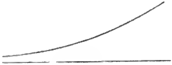


Fig. 1.

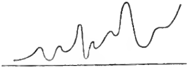


Fig. 2.

Wenn ein *fester* oder *flüssiger* Körper ins Glühen gebracht wird, so sendet er, wie wir bereits gesehen haben, zunächst die roten Strahlen aus, alsdann, je höher die Temperatur wird, die gelben u. s. w. Schliefslich, wenn er weifsglühend erscheint, sendet er alle sichtbaren Strahlengattungen aus, vom roten bis zum violetten; in seinem Spektrum fehlt keine Farbe, dasselbe ist *kontinuierlich*.

Drücken wir dies in unserer mathematischen Bezeichnungsweise aus, so können wir sagen, dafs bei hohen Temperaturen das Emissionsvermögen E für *alle Wellenlängen* einen merklichen Wert hat. Da dies für alle festen und flüssigen Körper gilt, so unterscheiden sich die Spektra der verschiedenen festen oder flüssigen Körper in ihrem Aussehen gar nicht von einander, die spektroskopische Beobachtung kann daher gar keinen Aufschlufs über die Natur der einzelnen festen oder flüssigen Körper geben. Nur in einzelnen bestimmten

Fällen würde dies möglich sein, wenn wir z. B. das bereits erwähnte Experiment von glühendem Glase und glühendem Metalle in ein und derselben Flamme nehmen. Das kontinuierliche Spektrum des Glases würde weit matter als das des Metalles erscheinen, und wir wären daher in der Lage zu konstatieren, falls wir die beiden glühenden Körper nicht kennen, dafs das erstere Spektrum von einem durchsichtigeren Körper herrühren mufs als das zweite. Dasselbe aber hat uns ja auch schon die blofse Betrachtung gelehrt; das Spektroskop bietet uns also gar nichts Neues.

Ganz anders verhält es sich mit glühenden Gasen. Denselben kommt die merkwürdige physikalische Eigenschaft zu, dafs ihr Emissionsvermögen für die meisten Wellenlängen auch bei sehr hohen Temperaturen Null ist und nur für ganz vereinzelte Wellenlängen einen merklichen Wert besitzt. Ihr Spektrum ist also auf seinem weitaus gröfsten Teil dunkel und nur an den Stellen, die den vereinzelten Wellenlängen entsprechen, leuchtet es als helle Linie auf. Welchen Wellenlängen gerade die Eigenschaft des plötzlich hohen Emissionsvermögens zukommt, hängt von der Natur des Gases ab, und ist für alle Gase verschieden, sodafs also jedes Gas ein besonderes Emissionsvermögen besitzt, welches im Spektroskope als Linienspektrum zur Sichtbarkeit kommt und ein untrügliches Erkennungszeichen der verschiedenen Gase liefert. Daher kommt es, dafs die Spektralanalyse bei glühenden Gasen im Gegensatz zu den glühenden festen und flüssigen Körpern ohne weiteres die Natur des Gases zu enträtseln vermag.

Wollten wir die Emission eines Gases als Funktion der Wellenlänge graphisch darstellen, so würden wir eine Kurve erhalten, die mit der in Fig. 2 gezeichneten Ähnlichkeit besitzt, d. h. also: *das Emissionsvermögen der glühenden Gase ist eine sehr komplizierte Funktion der Wellenlänge.* Und nun kommt das Wichtigste: das Verhältnis von Emissionsvermögen zu Absorptionsvermögen $\frac{E}{A} = J$, gleich der *Kirchhoff*schen Funktion, ist, wie eben gezeigt, eine sehr *einfache* Funktion der Wellenlänge. Beides ist miteinander nur dann zu vereinigen, wenn auch A, das Absorptionsvermögen, dieselbe komplizierte Funktion von der Wellenlänge ist, wenn also A genau dieselben Maxima besitzt wie E, denn nur dann ist der einfache Verlauf von $\frac{E}{A} = J$ ermöglicht. Dieses zunächst scheinbar merkwürdige Verhalten von Emission und Absorption — wir werden gleich sehen, dafs dasselbe gar nicht merkwürdig, sondern ganz selbst-

verständlich ist — ist nun der Schlüssel zur Identität von dunklen und hellen Linien. Emission und Absorption sind zwei genau konträre Gegensätze, sie entsprechen dem Hell und Dunkel. Ist die Emission bei einem Gase für eine bestimmte Wellenlänge Maximum, so dafs im Spektrum eine helle Linie aufleuchtet, so liegt auch bei der Absorption, die entsteht, wenn Licht durch das Gas hindurchgeht, für dieselbe Wellenlänge ein Maximum vor, d. h. in dem durch das hindurchgehende Licht erzeugten hellen Spektrum mufs hier eine Lichtlücke sein, eine dunkle Linie. Damit haben wir den Kernpunkt der ganzen Spektralanalyse erreicht, den Beweis dafür, dafs wenn in dem Spektrum eines Himmelskörpers an einer Stelle, wo wir im Laboratorium eine helle Linie im glühenden Gase finden, eine dunkle Linie auftritt, auf diesem Himmelskörper eine Schicht desselben glühenden Gases vorhanden sein mufs, durch welche das von der Oberfläche des Gestirns ausgesandte Licht hindurchgeht und dabei absorbiert wird.

Wir erfahren damit schon gleichzeitig etwas über die Konstitution des betreffenden Himmelskörpers, dessen Spektrum dunkle Linien zeigt, nämlich dafs die absorbierende Gasschicht oberhalb der lichtaussendenden Schicht oder Oberfläche liegt, dafs sie also in seiner Atmosphäre vorhanden ist. Und noch etwas Weiteres, dafs diese absorbierende Schicht zwar glühend, aber doch von geringerer Temperatur ist als die lichtaussendende Schicht. Diese weitere Folgerung, die in dem allbekannten und zu Anfang erwähnten Satze gipfelt: „Ein glühendes Gas absorbiert aus dem weifsen Lichte einer Lichtquelle von höherer Temperatur diejenigen Strahlen, die es selbstleuchtend aussendet“, müssen wir aber noch erst näher beleuchten, und bei dieser Gelegenheit wird sich auch das oben erwähnte scheinbar merkwürdige identische Verhalten von Absorption und Emission aufklären.

Wir können uns vorstellen, dafs bei den festen und flüssigen Körpern die Moleküle infolge ihrer gegenseitigen Anziehung so fest mit einander verbunden sind, dafs sie keine freien Schwingungen mehr ausführen können, indem sie sich gegenseitig in denselben stören. Die von diesen Schwingungen ausgehenden Wellenbewegungen sind daher auch nicht regelmäfsig, sondern die Länge der Wellen wird einem fortwährenden Wechsel unterworfen sein. Das beim Glühen dieser Körper ausgesandte Licht enthält also alle möglichen Wellenlängen, es ist weifs und zerlegt sich im Spektroskope in ein kontinuierliches Spektrum. Beim gasförmigen Aggregatzustande aber

ist das Band der Anziehung sehr gelockert; die Moleküle können freie Bewegungen ausführen, ähnlich einem freihängenden Pendel, und daher werden die durch diese Bewegungen verursachten Wellen, die Lichtwellen, in bestimmter Weise regelmäfsig erfolgen; das von einem glühenden Gase ausgehende Licht enthält also nur Wellen von einer oder von mehreren ganz bestimmten Wellenlängen, denen entsprechend im Spektrum des Gases eine oder mehrere bestimmte Linien auftreten. Welche Wellenlängen dies sind, hängt natürlich von der Konstitution der Moleküle ab, also von der chemischen Natur des leuchtenden Gases, so dafs im allgemeinen jedes Gas seine ganz besonderen Wellenlängen emittiert, demnach sein spezielles Spektrum giebt.

Wir wollen nun der Einfachheit halber ein Gas betrachten, welches nur eine einzige Wellengattung aussendet, im Spektrum also nur eine Linie erzeugt. Dann ist dieses Gas gleichsam auf diese eine Wellenlänge abgestimmt, genau wie eine Stimmgabel auf einen bestimmten Ton oder eine bestimmte Tonwellenlänge abgestimmt ist. Nun weifs jeder, dafs eine Stimmgabel auf sie erreichende Tonwellen nur dann anspricht, wenn der ankommende Ton genau gleich dem Eigentone der Stimmgabel ist; während sie sonst unbeweglich blieb, beginnt sie in diesem Falle zu schwingen, und die Erscheinung der Resonanz tritt ein. Von der Energie, welche die Tonwelle mit sich führte, ist natürlich ein Teil zur Erregung der Stimmgabel benutzt worden; die Welle ist also nach der Passierung der Stimmgabel merklich schwächer geworden.

Vollständig analoge Verhältnisse treten nun ein, wenn Lichtstrahlen ein glühendes Gas durchdringen. Während die meisten der von einem glühenden festen oder flüssigen Körper ausgehenden Strahlen das Gas ungehindert passieren können, werden nur diejenigen Strahlen, in unserem obigen Beispiel nur derjenige Lichtstrahl, dessen Wellenlänge der Eigenschwingung des Gases entspricht, in letzterem resonanzerregend wirken und dabei an seiner Energie einbüfsen resp. sie bei genügend dicken Gasschichten gänzlich verlieren; in der Gesamtheit der Lichtstrahlen wird also gerade der Strahl von dieser Wellenlänge unsichtbar, d. h. im kontinuierlichen Spektrum wird sich dieses Fehlen durch eine dunkle Linie markieren. Ist nun die Temperatur des Gases höher als diejenige der dahinter befindlichen Lichtquelle, so sind seine Schwingungen in der bestimmten Wellenlänge intensiver als diejenigen der letzteren; sie bleiben also überwiegend, d. h. im Spektroskope überdecken sich die beiden

Spektra; man erblickt das kontinuierliche Spektrum der Lichtquelle und darin noch die helle Linie des Gases. Ist aber die Temperatur des Gases niedriger, so verliert beim Durchgange des Lichtes die betreffende Wellenlänge ihre Energie, die durch die geringere Energie des Leuchtens im Gase selbst nicht ersetzt werden kann: im kontinuierlichen Spektrum fehlt also gerade das Licht der betreffenden Wellenlänge, es erscheint eine dunkle Linie. Hat das Gas dieselbe Temperatur wie die Lichtquelle, so kann ein Überwiegen des einen über das andere nicht eintreten, es resultiert ein einfaches kontinuierliches Spektrum ohne helle und ohne dunkle Linien.

Ich bin mir wohl bewuſst, daſs diese Auseinandersetzungen nicht streng sind, sie sollen auch nur das dem Laien plausibel machen, was Kirchhoff dem Fachmann streng mathematisch beweist. Auch muſs ich darauf aufmerksam machen, daſs man in neuerer Zeit keineswegs mehr zu so einfachen Anschauungen über das Wesen des Lichtes neigt, wie sie hier zu Grunde gelegt wurden. Man ist vielmehr ziemlich allgemein davon abgegangen, daſs es die mechanischen Schwingungen der Moleküle sind, welche die Lichtwellen erregen; vielmehr hat die zweifellose Identität von Licht- und elektrischen Strahlen zu der Anschauung geführt, daſs die Lichtschwingungen durch elektrische Schwingungen innerhalb der Moleküle entstehen. Das ist aber für unsere obigen Auseinandersetzungen nicht von wesentlichem Belange, da auch in diesem Falle die Unterschiede in der Lichtemission von festen und flüssigen Körpern einerseits und gasförmigen andererseits durchaus plausibel erscheinen.

So sind wir denn an dem Gipfelpunkt unserer Betrachtungen angelangt; wir verstehen jetzt die Identität von hellen und dunklen Linien, und wir begreifen damit die wichtigste Folgerung aus dem Kirchhoffschen Satze. Aber derselbe ist hierdurch keineswegs erschöpft, es lassen sich vielmehr eine Reihe weiterer Folgerungen ableiten, die besonders wichtig für ein tieferes Eindringen in die Konstitution der Weltkörper sind. Diese Folgerungen rühren von Zöllner her, und leider ist deren Darstellung ohne einen etwas umfangreicheren Gebrauch der Mathematik als bisher nicht möglich.

Wir haben gesehen, daſs der Absorptionskoëffizient A im Maximum den Wert 1 erreichen kann; ein Körper mit dieser Maximalabsorption würde alles Licht absorbieren, er wäre also absolut schwarz. In der Natur giebt es keinen derartigen Körper; selbst der schwärzeste Stoff, den wir kennen, die Kohle als Ruſs, ist nicht absolut schwarz. Bezeichnet man nun das Emissionsvermögen eines solchen

absolut oder ideal schwarzen Körpers mit e, dann ist nach dem Kirchhoffschen Satze $\frac{E}{A} = \frac{e}{1} = e$; d. h. der Wert der Kirchhoffschen Funktion ist für jede Strahlengattung und für jede Temperatur gleich dem Emissionsvermögen eines absolut schwarzen Körpers. Diese Folgerung mufsten wir erst kennen lernen, um nunmehr das Verhalten von Gasen zu studieren, die in Schichten von merklicher Dicke leuchten.

Wir denken uns die Schicht des leuchtenden Gases zerlegt in sehr viele (n) ganz dünne Schichten, deren Dicke gleich einer angenommenen Einheit, z. B. 1 mm sei. Aus dem eben abgeleiteten Satze $\frac{E}{A} = e$ folgt $E = A \cdot e$. Das Licht, welches von der obersten Schicht des Gases ausgestrahlt wird, ist demnach $E_1 = A \cdot e$. Die zweite darunterliegende Schicht strahlt genau dieselbe Lichtmenge aus; dieselbe mufs aber die erste Schicht passieren und erleidet dabei eine Absorption, die gleich $A \cdot E_1$ ist. Nach aufsen gelangt also von der zweiten Schicht der Betrag $E_2 = (1 - A) E_1$ oder unter Verwendung unseres obigen Satzes $E_2 = A (1 - A) e$. Die dritte Schicht sendet wieder die gleiche Lichtmenge aus, die aber nun die beiden ersten Schichten durchdringen mufs. In der zweiten Schicht wird hiervon $A \cdot E_1$ absorbiert, es bleibt also übrig $(1 - A) E_1$, und hiervon wird in der ersten Schicht wieder absorbiert der Betrag $A (1 - A) E_1$, nach aufsen kommt also

$$E_3 = (1 - A) E_1 - A (1 - A) E_1 = (1 - A)^2 \cdot E_1 = A (1 - A)^2 e.$$

Durch ganz entsprechende Betrachtungen erhält man für das von der vierten Schicht nach aufsen dringende Licht:

$$E_4 = A (1 - A)^3 e.$$

Hieraus ist bereits das Gesetz zu erkennen, so dafs ganz allgemein der Betrag des von der nten Schicht nach aufsen gelangenden Lichtes dargestellt wird durch

$$E_n = A (1 - A)^{n-1} \cdot e.$$

Die Gesamtmenge des von der dicken Schicht ausgestrahlten Lichts ist demnach gleich der Summe der eben gefundenen Ausdrücke für $E_1, E_2, E_3 \ldots . E_n$ oder gleich

$$E = A \cdot e \left\{ (1 - A) + (1 - A)^2 + \ldots (1 - A)^{n-1} \right\}.$$

Der Ausdruck in der grofsen Klammer ist eine geometrische Reihe, die gewifs jedem der Leser mehr oder weniger angenehme Reminiszenzen an die Schulzeit erwecken wird, und bei einiger Auf-

frischung dee Gedächtnisses durch die alten Schulhefte dürfte es wohl noch manchem gelingen, diese Reihe zu summieren und dahei zu dem Werte $\frac{1-(1-A)^n}{A}$ zu gelangen. Die von einer dicken Gasschicht ausgestrahlte Lichtmenge wird daher endlich

$$E = [1-(1-A)^n]\, e.$$

Wir haben bisher über die Art des Lichts gar keine Voraussetzungen gemacht; wir wollen nun unseren Ausdruck für E für eine einzige, ganz bestimmte Strahlungsgattung von der Wellenlänge λ_1 verstanden wieeen und wollen deshalb an E, A und e die nähere Bezeichnung λ_1 als Index anhängen; dann schreibt sich die obige Gleichung

$$E_{\lambda_1} = [1-(1-A_{\lambda_1})^n]\, e_{\lambda_1}.$$

Dieser Wellenlänge λ_1 eoll für das in Frage tretende Gas gerade eine helle Linie entsprechen, eodafs also E_{λ_1} einen recht grofsen Wert hat. Jetzt wollen wir auch den Ausdruck für eine andere Wellenlänge λ_2 schreiben, die eich von λ_1 nur sehr wenig unterscheidet, die also einem Spektralbezirke entspricht, der ganz dicht neben der hellen Linie liegt. Das E_{λ_2} hat also einen recht kleinen Wert und ist ausgedrückt durch

$$E_{\lambda_2} = [1-(1-A_{\lambda_2})^n]\, e_{\lambda_2}.$$

Das Verhältnis von $\frac{E_{\lambda_1}}{E_{\lambda_2}}$ ist das Lichtverhältnie der beiden benachbarten Spektralbezirke und stellt in uneerem Falle den Kontrast der hellen Linie gegen ihre Umgebung dar. Je gröfeer dieses Verhältnis dee Kontrastes wird, um eo schärfer und heller hebt sich die Linie von ihrer nächeten Umgebung ab. Führen wir die Divieion aus, so folgt

$$\frac{E_{\lambda_1}}{E_{\lambda_2}} = \frac{[1-(1-A_{\lambda_1})^n]\, e_{\lambda_1}}{[1-(1-A_{\lambda_2})^n]\, e_{\lambda_2}}.$$

In diesem Ausdrucke sind immer sowohl A_{λ_1} ale auch A_{λ_2} echte Brüche, aleo sind auch $1 - A_{\lambda_1}$ und $1 - A_{\lambda_2}$ echte Brüche. Je mehr man nun echte Brüche mit eich selbst multipliziert oder in je höhere Potenz man sie erhebt, um so kleiner wird der resultierende Bruch. Wäre z. B. $(1 - A_{\lambda_1})$ gleich $1/2$, so wäre $(1 - A_{\lambda_1})^2$ gleich $1/4$, $(1 - A_{\lambda_1})^4$ gleich $1/16$ u. s. w.

Je gröfser aleo n wird, mit anderen Worten, je dicker die leuchtende Schicht wird, um so mehr nähert eich $(1-A_{\lambda_1})^n$ der Null; wird

n selbst ∞, haben wir also eine unendlich dicke Schicht eines Gases, so wird die Klammer $(1-A_{\lambda_1})^{\infty}$ thatsächlich 0. Wir können die Klammer $(1-A_{\lambda_1})$ und $(1-A_{\lambda_2})$ also schliefslich fortlassen, und es bleibt dann nur mehr übrig

$$\frac{E_{\lambda_1}}{E_{\lambda_2}} = \frac{e_{\lambda_1}}{e_{\lambda_2}}.$$

Übersetzen wir dieses mathematische Ergebnis in Worte, so heifst das nichts anderes als: „Wird die Schicht eines leuchtenden Gases immer dicker und dicker, so nähert sich das Helligkeitsverhältnis der beiden benachbarten Spektralteile immer mehr dem Helligkeitsverhältnis der beiden Spektralteile bei einem glühenden schwarzen Körper.“ Nun wissen wir aber erfahrungsgemäfs, dafs in dem kontinuierlichen Spektrum eines schwarzen Körpers der Helligkeitsunterschied zweier benachbarter Stellen des Spektrums kaum oder gar nicht mehr merklich ist; der bei dünner Schicht, wie oben angenommen, sehr starke Helligkeitsunterschied zwischen der Linie von der Wellenlänge λ_1 und ihrer nächsten Umgebung von der Wellenlänge λ_2 nimmt immer mehr ab, das heifst die Helligkeit von λ_2 nimmt immer mehr zu, je dicker die leuchtende Schicht wird. Wird aber die nächste Nachbarschaft einer hellen Linie immer heller, so wird die Linie selbst immer breiter, gleichzeitig aber auch immer verwaschener, da, je weiter λ_2 entfernt ist, der Helligkeitsunterschied immer gröfser wird.

Es ist nun klar, dafs bei fortgesetzter Multiplikation eines Bruchs mit sich selbst das Resultat sich um so rascher der Null nähert, je kleiner der Bruch ist, in unserem Falle also je kleiner $1-A_{\lambda_1}$ oder je gröfser das Absorptionsvermögen A_λ ist. Wir wissen aber, dafs im allgemeinen A_λ mit zunehmender Temperatur wächst, weil ja das Emissionsvermögen E_λ dies thut; folglich wird die Verbreiterung der Linien bei zunehmender Schichtendicke um so rascher vor sich gehen, je heifser das betreffende Gas ist. Bei einer gewissen gleichbleibenden Schichtendicke wird demnach zunehmende Temperatur ebenfalls eine Verbreiterung bewirken, und das ist ein Umstand, der leider die in den Spektren von Himmelskörpern vielfach beobachteten Verbreiterungen der Linien nicht zu eindeutigen Schlüssen über die Konstitution der betreffenden himmlischen Objekte geeignet macht. Zeigt das Spektrum eines Himmelskörpers, z. B. dasjenige eines Sterns der ersten Spektralklasse, stark verbreiterte Linien, so folgt daraus, dafs in der Atmosphäre dieses Gestirns das betreffende Gas entweder in einer sehr dicken Schicht oder in sehr hoher Temperatur auftritt, oder dafs beide Umstände zusammenwirken. Erst unter Hinzuziehung

anderer, meist recht komplizierter Betrachtungen gelingt es in einigen Fällen, eine Entscheidung zwischen den beiden oder den drei Möglichkeiten herbeizuführen.

Genauer betrachtet ist die eben erwähnte Unsicherheit sogar noch eine etwas gröfsere. Sicherlich hängt nämlich die Stärke der Absorption oder Emission in einem Gase nur von der Zahl der Moleküle ab, welchen der Lichtstrahl bei seinem Durchgange durch das Gas begegnet. Dasselbe also, was aus einer Vermehrung der Dicke der Gasschicht resultiert, mufs auch erfolgen bei einer entsprechenden Druckvermehrung des Gases, durch welche in die ursprüngliche Schicht eine gröfsere Menge des Gases geprefst wird. Demnach kann auch das Spektroskop nicht zwischen Volumen oder Druck eines Gases auf einem Himmelskörper entscheiden.

Es mag sich wohl manchem der Leser bei den letzten Zeilen der Gedanke aufgedrängt haben, dafs es dann doch eigentlich recht wenig ist, was wir aus dem Aussehen der Spektrallinien schliefsen können, wenn wir nicht einmal im stande sind, die drei Begriffe: Druck, Volumen und Temperatur von einander scharf zu trennen. Ganz so schlimm ist es aber doch nicht; es müssen eben, wie schon angedeutet, noch andere Betrachtungen hinzugezogen werden, und dann gelingt es doch in vielen Fällen, das eine vom anderen zu trennen.

Ich möchte dies an einem Beispiele klarlegen, und zwar an den verbreiterten Linien des Wasserstoffes in den Fixsternen der ersten Spektralklasse. Bei der direkten Betrachtung im Spektroskope unterscheiden sich diese Linien in den verschiedenen Sternen nur durch ihre Breite und Kraft, und es war daher, so lange man auf die direkte Beobachtung allein angewiesen war, nicht möglich, unzweideutige Schlüsse auf die Konstitutionsunterschiede bei den verschiedenen Sternen zu ziehen. Als es aber durch die Anwendung der Photographie zum ersten Male möglich war, das Aussehen der Linien genau zu studieren, d. h. die Intensitätskurve der Lichtab- und Zunahme in den verbreiterten Linien feststellen zu können, war auch sofort die Möglichkeit weiterer Schlüsse gegeben.

Bei den meisten Sternen der Klasse Ia ist der Verlauf der Intensitätskurve der verbreiterten Wasserstofflinie ein ganz regelmäfsiger d. h. in der Mitte ist die Linie am dunkelsten, und nach den Seiten hin fällt ihre Intensität gleichmäfsig langsam ab, bis die Helligkeit des kontinuierlichen Spektrums erreicht ist. Bei manchen Sternen ist dies jedoch nicht der Fall. Die Linie ist keineswegs in der Mitte am dunkelsten, vielmehr findet sich hier eine mehr oder weniger starke

Aufhellung, zu deren beiden Seiten die Maxima der Dunkelheit auftreten, die dann erst, wie bei den normalen Linien, allmählich in die Helligkeit des kontinuierlichen Spektrums übergehen.

Ein solcher Verlauf der Intensitätskurve widerspricht aber den von uns abgeleiteten Folgerungen aus dem Kirchhoffschen Satze, nach denen die Mitte der Linie am hellsten — bei den Absorptionslinien am dunkelsten — sein mufs. Wollen wir in diesem Falle nicht an der Richtigkeit des Kirchhoffschen Satzes zweifeln, so müssen wir eine Erklärung anders woher suchen, und diese bietet sich sehr leicht und ungezwungen durch die Annahme, dafs wir es hier nicht mit einem einfachen Spektrum zu thun haben, sondern mit der Übereinanderlagerung von zweien, einem kontinuierlichen Spektrum mit normalen Absorptionslinien nach dem Kirchhoffschen Satze und einem Spektrum mit hellen Linien. Diese Kombination erklärt sich aber allein durch die Annahme, dafs die den betreffenden Stern umgebende glühende Wasserstoffatmosphäre eine sehr beträchtliche Ausdehnung besitzt. In diesem Falle mufs das vom Sterne kommende Licht diese mächtige Atmosphäre passieren, erleidet also starke Absorption und liefert daher ein Spektrum mit breiten dunklen Absorptionslinien von normalem Aussehen. Ein solcher Stern würde nun, von einem etwas näheren Standpunkte aus betrachtet, als eine kleine helle Scheibe erscheinen, die von einem matt leuchtenden breiten Ringe (Atmosphäre) umgeben ist. Dieser Ring von glühendem Wasserstoffgase liefert für sich betrachtet natürlich ein Spektrum nur aus hellen Wasserstofflinien bestehend. Den gröfsten Teil der leuchtenden Fläche bilden die äufseren Teile der Atmosphäre, also diejenigen, die unter einem geringeren Drucke stehen als die inneren Teile und folglich schmalere Linien liefern als jene. Die Absorptionslinien rühren von allen Teilen der Atmosphäre, auch von den dichtesten her, folglich müssen sie stark verbreitert erscheinen. Als Gesamtresultat der von dem Sterne ausgehenden Lichtstrahlen resultiert demnach ein kontinuierliches Spektrum mit breiten verwaschenen Absorptionslinien, deren Mitte durch die schmaleren hellen Linien aufgehellt erscheint. Je mächtiger die Atmosphäre im Verhältnisse zum Stern ist, um so stärker mufs die Aufhellung werden, bis sie schliefslich sogar die Helligkeit des kontinuierlichen Spektrums zu überschreiten vermag und damit ein Sternspektrum mit hellen Linien resultiert.

In der That kann man bei geeigneter Auswahl der Sterne diesen allmählichen Übergang deutlich verfolgen, und als wichtigste Bestätigung der gefundenen Resultate konnte ich bei einem Sterne mit

hellen Wasserstofflinien erkennen, dafs nach beiden Seiten von den hellen Linien ein Abfall des kontinuierlichen Spektrums vorhanden war, als letztes Überbleibsel der normalen Absorptionslinie, die von den hellen Linien fast ganz überdeckt war. In diesen Fällen ist es also gelungen, die Konstitution der Fixsterne in viel eingehenderer Weise klarzulegen, als man es nach Mafsgabe der Folgerungen aus dem Kirchhoffschen Satze allein für möglich halten sollte. Von derartigen Beispielen liefse sich leicht noch eine grofse Menge anführen.

Es darf hier nicht verschwiegen werden, dafs in neuerer Zeit einige Physiker die Meinung vertreten haben, dafs der Kirchhoffsche Satz durchaus nicht in voller Allgemeinheit giltig sei, weil die inneren Vorgänge beim Leuchten nicht so einfacher Natur zu sein scheinen, als man bisher angenommen hat, wobei man in erster Linie daran zu denken habe, dafs die Temperatur nicht das allein Mafsgebende für die Intensität der Leuchtvorgänge sei. Die Veränderungen, welche die Spektra glühender Gase zeigen, je nach der Art und Weise wie ihr Glühen hervorgebracht wird, sollen weniger von der Temperatur, also von der Stärke der Schwingungen abhängen, als vielmehr von komplizierten chemischen oder elektrischen Prozessen, über deren Natur man allerdings noch vollständig im Unklaren ist. Während man also bisher die Kirchhoffsche Funktion als allein abhängig von Wellenlänge und Temperatur betrachtet und Fälle, wo dies augenscheinlich nicht zutrifft, wie z. B. bei der Phosphoreszenz, als nicht unter das Kirchhoffsche Gesetz fallend ausgeschlossen hat, würde man jetzt vor der Wahl stehen, entweder alle Fälle auszuscheiden, d. h. den Kirchhoffschen Satz als nicht mehr allgemein giltig zu betrachten, oder ihn derart zu ändern, dafs an Stelle der Temperatur ein anderer näher zu definierender Begriff, der mit der Art der Lichterregung zusammenhängt, zu setzen wäre. Das erstere ist thatsächlich schon von einzelnen Physikern geschehen, wie mir scheint, sehr mit Unrecht, so lange dieselben nichts Besseres an die Stelle zu setzen haben, das letztere würde einer Erweiterung des Kirchhoffschen Satzes gleich kommen, die nur mit Freude zu begrüfsen wäre. Solange ein solcher Begriff noch nicht gefunden ist, ja so lange besonders ein definitiver Beweis dafür, dafs die Temperatur allein nicht mafsgebend ist, noch nicht geführt werden kann, so lange soll man meines Erachtens am wohlfundierten und in so unzähligen Fällen erprobten Kirchhoffschen Satze festhalten, immer allerdings mit dem Bewufstsein, dafs anstatt der Temperatur vielleicht einmal ein anderer komplizierter Begriff einzuführen ist.

Verfasser hofft, dafe die vorstebenden Auseinandersetzungen über den Kirchhoffschen Satz und eeine Folgerungen für viele Leser ein besseres Verständnie der epektralanalytischen Ergebnisse berbeizuführen im stande sein mögen. Für manchen aber wird vielleicht auch die dadurch gewonnene Vermebrung seiner wissenecbaftlichen Erkenntnis, ganz ohne Rücksicbt auf praktische Verwendung, eine gewisse Befriedigung gewähren. Wenn auch der Weg dazu ein etwas mühsamer und ecbwieriger ist, so mag die Thatsacbe ale Trost dienen, dafs höhere naturwiseenschaftliche Erkenntnis überhaupt nicbt dem Menschen von selbet in den Schofe fällt, eondern dafe eie allgemein nur mit Mühe und Arbeit zu erwerben ist.

Über heifse Quellen und Geisire.

Von Professor Dr. F. **Wahnschaffe** in Berlin.

Wenn man die Temperatur der an der Erdoberfläche hervortretenden Quellen berücksichtigt, so lassen sich danach drei Gruppen von Quellen unterscheiden. Verschiedene Quellen zeigen schwankende, von den verschiedenen Jahreszeiten abhängige Temperaturen, und ihr Ursprungsort liegt daher in den obersten, von der Sonnenbestrahlung beeinflufsten Schichten der Erdrinde. Dringt man von diesem Niveau aus etwas tiefer in die Erdrinde ein, so erlangt man bald einen Punkt, an welchem die Temperatur konstant bleibt und nicht durch die wechselnden Wärmeverhältnisse der Jahreszeiten verändert wird. Die Temperatur der Erdschichten entspricht hier der mittleren Jahrestemperatur des Ortes, ein Fall, der im mittleren Europa bei einer Tiefe von 20—25 m eintritt. Die dieser Zone entstammenden Quellen haben die konstante mittlere Jahrestemperatur der betreffenden Gegend und sind von Lersch in seiner Hydrophysik als isothermale Quellen bezeichnet worden. Eine dritte Gruppe von Quellen besitzt ebenfalls an dem Orte ihres Zutagetretens eine konstante Temperatur, aber dieselbe erhebt sich über die mittlere Jahrestemperatur. Diese Quellen bezeichnet man, auch wenn ihr Wärmeüberschufs nur wenige Zehntelgrade beträgt, als Thermen oder warme Quellen. Aus dieser Definition folgt, dafs die Temperaturgrenze, welche von dem Quellwasser überschritten werden mufs, um zu den Thermen gerechnet zu werden, in den verschiedenen klimatischen Zonen verschieden sein wird. Je näher dem Äquator und dem Meeresspiegel, um so wärmer mufs eine Quelle sein, um noch in den Begriff der Thermen zu fallen; je näher dem Pol und je höher über dem Meeresspiegel, um so niedriger kann die Temperatur einer Quelle sein, um noch zu den Thermen gerechnet zu werden. Wie gesagt, es kommt nur darauf an, dafs die Temperatur der Quelle die mittlere Jahrestemperatur dauernd überschreitet. Bei Giwarta Fiälk

in Lappland, woselbst die mittlere Jahrestemperatur bei — 3° C. liegt, ist eine Quelle mit konstanter Temperatur von + 1,2° C. schon eine Therme. In den Äquatorialgebieten dagegen mit einer mittleren Jahrestemperatur von 26—28° C. mufs eine Quelle eine konstante Temperatur besitzen, welche höher ist als 28° C., um zu den Thermen zu gehören.

Was die Entstehung der Thermen betrifft, so sind hier zwei verschiedene Faktoren in Betracht zu ziehen. Es wirken zu ihrer Bildung siderische und tellurische Kräfte gemeinsam. Durch die strahlende Sonnenwärme, welche den grofsartigen Kreislauf des Wassers auf der Erde bewirkt, wird das Wasser der Quellen geliefert. Ein Teil der auf den Erdboden niederfallenden Atmosphärilien und ein Teil der in den Flüssen, Seen und Meeren angesammelten Wassermengen dringt, dem Gesetz der Schwere folgend, auf Sprüngen und Klüften, sowie auf den kapillaren Hohlräumen in die tieferen Schichten der Erdrinde ein. Jedes Gesteinsstück, welches wir einem Schachte entnehmen, ist mit dieser sogenannten Gebirgsfeuchtigkeit durchtränkt. In klaffenden Spalten und Hohlräumen, sowie in leicht durchlässigen Schichten sammelt sich das herabsteigende Wasser in mehr oder weniger grofsen Mengen an. Die Erwärmung desselben erfolgt dadurch, dafs die tieferen Erdschichten ihre hohe Eigenwärme den in ihnen zirkulierenden Wasseradern mitteilen. Legt man die neueren Beobachtungen in dem 1748,4 m tiefen Bohrloche bei Schladebach unweit Merseburg zu Grunde, so beträgt die geothermische Tiefenstufe rund 39 m, d. h. man mufs 39 m senkrecht unter die Erdoberfläche hinabsteigen, um eine Temperaturerhöhung von 1° C. zu erhalten. Unter der Annahme einer gleichmäfsigen, in arithmetischer Progression fortschreitenden Wärmezunahme würde daher bereits in 78 km Tiefe eine Temperatur von 2000° C. herrschen. Die Niveauunterschiede auf unserer Erdoberfläche sind derartig, dafs Thermen, deren Temperatur sich nur wenige Grade über die mittlere Jahrestemperatur des Ortes erhebt, bereits dadurch entstehen können, dafs Wasser in hochgelegenen Gegenden in hinreichende Tiefe hinabsinkt, um dann in einer niedrigeren Gegend einfach durch den hydrostatischen Druck zu Tage zu treten. Es ist ja bekannt, dafs die Geoisothermen d. h. die Flächen gleicher Tiefentemperatur sich den Konturen der Erdoberfläche anschmiegen, mit anderen Worten unter den Bergerhebungen aufsteigen und unter den See- und Meeresbecken absteigen.

Diejenigen Thermen, deren Temperatur erheblich höher ist und

deren Wasser unserem Gefühle als entschieden warm oder sogar heifs erscheint, steigen aus grofsen Tiefen der Erdrinde empor, und ihr Auftreten ist stets an tiefgreifende Spalten geknüpft, durch welche eine Kommunikation mit dem heifsen Erdinnern ermöglicht wird. Die Veränderungen und Deformationen, welche die feste Erdrinde durch die Schrumpfung des inneren Erdkerns infolge der allmählich stattfindenden Wärmeausstrahlung erleidet, äufsern sich in Faltungen und Zerreifsungen, die in früheren Erdperioden stattgefunden haben, aber auch noch in der Gegenwart langsam und allmählich sich vollziehen. Durch den Faltungsprozefs sind die hohen Kettengebirge der Erde aufgestaut worden, während bei den Zerreifsungen und Spaltenbildungen horizontale und vertikale Verschiebungen grofser Landmassen eintraten, die wir als Verwerfungen bezeichnen. Die moderne Geologie hat den Nachweis geliefert, dafs das Auftreten der Vulkane stets an das Vorkommen tiefgreifender Spaltenbildungen geknüpft ist, auf welchen das glühendheifse Magma, die Lava, in flüssigem Zustande aus dem Erdinnern bis an die Oberfläche hervordringen kann. Das Empordringen einer grofsen Zahl der entschieden warmen und heifsen Quellen steht in engster Beziehung zum Auftreten der Vulkane. Die Umgebung fast aller thätigen und erloschenen Vulkane ist durch das Vorkommen von heifsen Quellen ausgezeichnet, und auch dort, wo sie weit entfernt von vulkanischen Gebieten hervortreten, sind sie stets auf die hohe Temperatur des Erdinnern, welche im Vulkanismus ihren prägnantesten Ausdruck findet, zurückzuführen. Heifse Quellen und Vulkane sind daher als Begleiterscheinungen der Spaltenbildung in unserer festen Erdrinde anzusehen. Obwohl nicht immer mit dem Vorhandensein einer Spalte das Auftreten von Vulkanen vorhanden zu sein braucht, so können doch wenigstens warme Quellen auf dem dadurch geöffneten Wege empordringen. Dagegen finden sich die kochend heifsen Quellen nur in vulkanischen Gebieten, da hier für die Kommunikation zwischen der Erdoberfläche und dem heifsen Erdinnern genügend tiefe Bahnen geöffnet sind.

Um den der Schwerkraft entgegenwirkenden Auftrieb des Wassers der heifsen Quellen zu erklären, mufs man zwei Momente in Betracht ziehen. Einmal sind es die gespannten Wasserdämpfe, welche sich bei der hohen Temperatur des Gesteins in grofser Tiefe bilden müssen und die auf ihnen lastende Wassersäule in klaffenden Spalten bis an die Erdoberfläche emporheben. Sodann finden im Innern der Erde immerfort Bewegungen und Verschiebungen statt, sodafs die in

gröfseren Tiefen mit heifsem Wasser erfüllten Hohlräume zusammengeprefst werden, wodurch das Wasser, wenn genügende Öffnungen vorhanden sind, bis an die Erdoberfläche langsam und stetig emporgedrückt wird.

Da das Auftreten der heifsen Quellen, wie wir gesehen haben, nur von tief hinabgreifenden Spalten abhängig ist, und solche Spalten in den verschiedensten Gebieten der Erdoberfläche vorkommen, so sind dementsprechend die heifsen Quellen über die ganze Erdoberfläche verbreitet, und zwar sind sie in den verschiedensten Höhenlagen anzutreffen. Zu den am höchsten gelegenen heifsen Quellen dürften die in Tibet in 4700 m Meereshöhe gelegenen zu rechnen sein, deren Temperatur den Siedepunkt erreicht.

Naturgemäfs sind die Temperaturen der Thermen an dem Orte ihres Zutagetretens über die Erdoberfläche sehr verschieden. Der Temperaturgrad kann sich bis zum Siedepunkt steigern, ja denselben sogar überschreiten, sodafs die in diesem Falle entstehenden Dampfquellen oder Fumarolen eigentlich nur die extremste Form der heifsen Quellen darstellen. Die Temperaturen einiger der bekanntesten heifsen Quellen sind folgende:

Badenweiler 26,4° C. — Baden (bei Wien) 13 Thermen 27 bis 36° C. — Ems 26—58° C. (Kesselbrunnen 46° C.) — Wildbad 37° C. — Pfäfers in der Taminaschlucht (Kanton St. Gallen) 37,3° C. — Die Thermen bei Ofen 44—64° C. — Baden-Baden 44—68° C. — Gastein 48—71,5° C. — Teplitz 49° C. — Karlsbader Sprudel 75° C. — Leuk im Rhonethal: Lorenzquelle 51° C. — Wiesbaden 69° C. — Plombières (Vogesen) 71° C. — Burtscheid bei Aachen 77,5° C. — Albano (Euganeen) 84,5° C. — Hammâm Meskutin (Algerien) 87—96° C. — Heifse Quelle auf Ischia 99° C.

Je höher die Temperatur der heifsen Quellen, um so gröfser ist im allgemeinen die Lösungsfähigkeit des Wassers für Mineralbestandteile, und diese Fähigkeit wird noch wesentlich erhöht, wenn Kohlensäuregas oder schweflige Säure in der Quelle enthalten sind. Ausströmungen von Kohlensäuregas gehören zu den regelmäfsigen Erscheinungen innerhalb der Vulkangebiete und bilden vielfach die letzten Nachwirkungen einer früheren ausgedehnten vulkanischen Thätigkeit. Die Quellen von Kohlensäuregas, welche man vorübergehend nach Ausbrüchen des Vesuvs bei Neapel beobachtete, wurden dort als Mofetten bezeichnet, und diese Lokalbezeichnung ist dann auf alle Quellen gasförmiger Kohlensäure übertragen worden. Ist die empordringende Kohlensäure an Wasser gebunden, so bezeichnet man derartige Quellen

als Säuerlinge, wobei man wiederum zwischen kalten und warmen Sauerquellen unterscheiden mufs. Die alten Vulkandistrikte der *Eifel* und des *nördlichen Böhmen* sind besonders reich an solchen Kohlensäure-Quellen, die dort als letzter Akt einer früheren vulkanischen Thätigkeit angesehen werden müssen. Besonders reich an Kohlensäurequellen sowohl in gasförmiger Gestalt als auch in der Form von Sauerquellen ist die Umgebung des *Laacher Sees*. In der Gegend von *Burgbrohl* liefert eine einzige Sauerquelle in jedem Jahre 47811 cbm Kohlensäure. Sehr häufig kommt es vor, dafs die emporsteigende Kohlensäure denselben Weg einschlägt wie das auf Spalten empordringende heifse Wasser. Auf diese Weise entstehen die heifsen Kohlensäuerlinge. Doch ebenso oft wählt das Kohlensäuregas einen selbständigen Weg und trifft dann im höheren Niveau auf kalte Quellen, denen es sich beimischt, um mit ihnen zusammen zu Tage zu treten. Nur so erklärt es sich, dafs in dem *nordböhmischen* Thermengebiet heifse und kalte Säuerlinge in unmittelbarer Nachbarschaft vorkommen. Hier repräsentieren beispielsweise *Karlsbad*, *Teplitz* und *Franzensbad* den Typus der heifsen Kohlensäurequellen, während *Marienbad* dem anderen Typus der kalten Kohlensäuerlinge angehört.

Das Wasser der heifsen Quellen belädt sich auf seinem meist langen, unterirdischen Wege durch Auslaugung des Nebengesteins mit einer verhältnismäfsig grofsen Menge *mineralischer* Substanzen, welche sich beim Entweichen der etwa vorhandenen Kohlensäure und beim Erkalten des Wassers an der Erdoberfläche zum Teil sehr bald wieder absetzen, sodafs vorzugsweise die heifsen Quellen wegen ihres hohen Gehaltes an gelösten Stoffen als heilkräftige angesehen werden. Aufserdem veranlassen sie dadurch die Bildung besonders mächtiger Quellabsätze.

Das Wasser der heifsen Quellen zeigt je nach der Beschaffenheit desselben eine verschiedene Reaktion. Es ist entweder neutral oder schwach alkalisch, infolge der aufgelösten Carbonate der Alkalien, oder auch schwach sauer, infolge des Vorhandenseins von schwefliger Säure oder von Kohlensäure. Die an Mineralbestandteilen reichen heifsen Quellen werden als *Mineralquellen* bezeichnet.

Obwohl viele der heifsen Quellen eine grofse Anzahl verschiedener chemischer Verbindungen aufgelöst enthalten, so waltet doch nur eine geringe Anzahl an Menge vor, während die übrigen Stoffe oft nur in Spuren vorhanden sind, sodafs sie durch die chemische Analyse quantitativ nicht bestimmbar sind und auch in vielen Fällen

nicht einmal qualitativ nachgewiesen werden können. So ist heispielsweise in dem Karlshader Sprudel das Vorkommen von Fluor durch die Analyse nicht nachweishar, doch mufs dieser Stoff trotzdem in geringer Menge darin aufgelöst sein, da ihn Berzelius in den Ahsätzen dieses Wassers, dem hekannten Karlsbader Sprudelstein aufgefunden hat. Ehenso müssen die Thermen des Schwarzwaldes Kupfer, Arsen und Antimon enthalten, da diese Stoffe in den Ockerabsätzen dieser Quellen durch Walchner entdeckt worden sind. Bis jetzt hat man folgende Stoffe in den heifsen Quellen nachweisen können.

1. Von den Metallen: Natrium, Kalium, Lithium, Caesium, Rubidium, Calcium, Magnesium, Strontium, Barium, Aluminium, Eisen, Mangan, Zink, Kupfer, Zinn, Blei, Silber, Antimon, Arsen, Nickel und Kohalt.

2. Von Säuren und Salzbildnern: Kohlensäure, Schwefelsäure, Schweflige Säure, Salpetersäure, Phosphorsäure, Borsäure, Kieselsäure, Schwefelwasserstoff, Chlor, Brom, Jod, Fluor und Schwefel.

3. Von organischen Suhstanzen: Extraktivstoffe, Quellsäure, Quellsatzsäure und Ammoniak.

Die wesentlich vorwaltenden Bestandteile der heifsen Quellen werden gehildet durch Carbonate, Sulfate und Chloride von Calcium, Magnesium, Natrium, weniger Kalium und Eisenoxydul. Danehen finden sich heaonders in den carhonatreichen alkalischen Quellen ziemlich erhebliche Mengen von Kieselsäure gelöst.

In dem Gehalte an Kohlensäure und der oft hohen Temperatur vieler Thermen liegt der Grund, dafs die meisten derselhen zugleich Mineralquellen sind, d. h. eine gröfsere Menge gelöster Mineralhestandteile besitzen als die gewöhnlichen Quellen, sodafs sich diese Beimischung dem Geschmack in der Regel sehr deutlich bemerkhar macht.

Nach der verschiedenen chemischen Beschaffenheit kann man sechs verschiedene Gruppen unterscheiden:

1. Die Säuerlinge, welche mehr oder weniger grofse Mengen freier Kohlensäure besitzen und nur geringe Mengen von Eisen und Calcium führen.

2. Die alkalischen Quellen, welche reich sind an den Bicarbonaten von Natrium und Calcium.

3. Die Salzquellen mit hohem Gehalt von Kochsalz und Beimengungen von Brom- und Jodsalzen.

4. Die Schwefelquellen, welche nehen Schwefelwasserstoff Schwefelcalcium und Schwefelnatrium enthalten.

5. Die Eisen- oder Stahlquellen, welche namentlich reich sind an kohlensaurem Eisenoxydul.

6. Die Bittersalzquellen, die sich durch einen hohen Gehalt an Magnesium- und Natriumsulfat auszeichnen.

Bei der grofsen Menge der vorhandenen heifsen Quellen müssen wir uns darauf beschränken, für die nähere Betrachtung einige der wichtigeren herauszugreifen.

In Bad Ems an der untern Lahn sind 31 gefafste Quellen vorhanden, unter denen der Kesselbrunnen die Temperatur von 46,64° C. besitzt. Die Quellen gehören, wie dies die Analyse des Kesselbrunnens zeigt, zu den warmen kohlensäurehaltigen Quellen. Sie enthalten vorwiegend Natriumbicarbonat und Chlornatrium und müssen zu den alkalischen Quellen gerechnet werden. Wie der Geologe Karl Koch gezeigt hat, treten die Emser Thermen in einem aufgebrochenen, nach NO. streichenden Sattel des Koblenz-Quarzites auf der Grenze gegen die den Quarzit unterlagernden Schiefer auf. An der Stelle, wo die Lahn den Sattel quer durchschneidet, dringen die Quellen aus dem liegenden Teile des klüftigen Quarzites aus der Tiefe hervor.

Die Quellen im nördlichen Böhmen treten auf Spalten hervor, die in engster Beziehung zu der Faltung des Erzgebirges stehen. Die Folge jenes gewaltigen Faltungsprozesses, durch welchen das Erzgebirge entstand, waren Zerreifsungen, die jedoch die Grundlinien des erzgebirgischen Baues nicht mehr verändert haben. An einem Zuge von Spalten und Klüften sank der Südostflügel des Erzgebirgssattels in die Tiefe und wird im nördlichen Böhmen von jüngeren tertiären Ablagerungen und von Eruptivgesteinen bedeckt. Diese gewaltige Versenkung kann erst im Beginn der Tertiärzeit stattgefunden haben und hat in ihrem nordöstlichen Verlaufe noch den Quadersandstein und Pläner des Elbthales in Mitleidenschaft gezogen. Längs dieses nordböhmischen Bruchrandes traten die Basalte und Phonolithe hervor, und die Nachwirkungen dieser Eruptionsperiode geben sich noch heute zu erkennen durch die Mineral- und Sauerquellen, sowie durch die Kohlensäureexhalationen, wie sie mit diesem ganzen alten Vulkanzuge von Teplitz über Bilin und Karlsbad bis Eger vergesellschaftet sind. Auch die noch in der Gegenwart auftretenden erzgebirgischen Erdbeben sind als die letzten Nachzuckungen der grofsen Bruchperiode anzusehen.

Der Karlsbader Sprudel, der, wie dies die hier mitgeteilte

Analyse zeigt, einen hohen Kohlensäuregehalt besitzt, tritt aus Spelten im Granit hervor und zeichnet sich durch mächtige Quellabeätze aue.

Analyse des Karlebader Sprudels:

1000 Teile enthalten:

$CO_3\,Na_2$	1,3619
$CO_3\,Ca$	0,2978
$CO_3\,Mg$	0,1240
$CO_3\,Fe$	0,0028
$CO_3\,Mn$	0,0006
$CO_3\,Sr$	0,0008
$SO_4\,K_2$	0,1636
$SO_4\,Na_2$	2,3721
Cl Na	1,0306
$P_2\,O_7\,Ca_2$	0,0002
$P_2\,O_7\,Al_2$	0,0004
$Si\,O_2$	0,0728
Sonstige Bestandteile	0,0036
Feste Bestandteile	5,4312
CO_2	0,7604

Das Wasser enthält vorwiegend Natriumcarbonat, Natriumsulfat, Chlornatrium und Calciumcarbonat und gehört daher zu den alkaliechen Quellen. Die ganze Stadt Karlshad steht auf einer mächtigen Schale von Thermalablagerungen, die vielfach oolithische Struktur besitzen und unter dem Namen Karlsbader Sprudeletein, Erbsenetein oder Pieolith bekannt sind. Dieser Quellenabsatz besteht vorwiegend aus Calciumcarbonat in der Form von Arragonit, ferner aue kohlensaurem Eieenoxydul, kohlensaurem Strontium und Fluorcalcium. Daneben finden eich geringe Mengen von Calcium-, Aluminium- und Eisenphosphat.

Der Absatz aus den heifsen Quellen geschieht dadurch, dafe sich das Wasser dort, wo es an die Oberfläche tritt, abkühlt und aufserdem die Kohlensäure verdunstet, durch welche die Carbonate von Calcium und Eisen als Bicarbonate in Löeung erhalten werden.

Gustav Bischof hat in seiner chemiechen Geologie berichtet, dafs eine 30° C. warme Soolquelle, die aus einem Bohrloche bei Neuealzwerk in Weetfalen in einem 3000 Fufe langen, offenen Kanal zur Weser abflofs, in dem Zeitraum von fünf Jahren eine Ockerschicht von 3 Fufe Mächtigkeit absetzte, die der Hauptsache nach aus Eieenocker und Kalksinter beetand. Dabei war zu beobachten,

dafs mit zunehmender Entfernung vom Austritt der Quelle immer geringere Mengen von Ocker zum Absatz gelangten. Bischof erklärt dies dadurch, dafs das Eisen sich leichter niederschlägt als das Kalkcarbonat, und zwar deshalb, weil seine Abscheidung durch zwei Ursachen bewirkt wird, durch die Oxydation des Eisenoxyduls zu Eisenoxyd und durch die Verflüchtigung der freien Kohlensäure, während der Kalkabsatz nur durch Verflüchtigung der Kohlensäure vor sich gehen kann. Wäre daher der Abflufskanal der Soole lang genug gewesen, so würde sich zuletzt nur ganz reines Calciumcarbonat ausgeschieden haben. Dies erklärt auch den Umstand, dafs die Gegenstände, welche man in das Wasser des Karlsbader Sprudels hineinlegt und welche sich sehr rasch mit einem dicken steinigen Inkrustat überziehen, durch die Ockerabscheidung braun gefärbt sind.

Was die Entstehung des Karlsbader Erbsensteins betrifft, so gaben den ersten Anlafs zur Abscheidung kleine Kalk- oder Sandkörnchen, die von dem empordringenden Quellwasser immerfort emporgehoben wurden. Es schied sich dabei das Calciumcarbonat in der Form von Arragonit in konzentrisch-schaligen und radialfaserigen Lagen aus. Die kleinen kugelförmigen Abscheidungen wurden solange vom Wasser emporgehoben, als die Kraft desselben dazu ausreichte. Wurden sie bei dem stetig zunehmenden Wachstum zu schwer, so fielen sie auf den Boden des Quellbeckens nieder und wurden dort gemeinsam mit den anderen Körnchen zu einem festen Kalksinter verkittet.

Nach einer Berechnung von Hochstetter kann der Karlsbader Sprudel täglich 1440 Kilogramm Sprudelstein absetzen und liefert daher in einem Jahre über eine halbe Million Pfund.

Fafst man die Gesamtmenge der festen Bestandteile ins Auge, welche manche Thermen jährlich liefern, so ergeben sich ganz gewaltige Quantitäten von Mineralsubstanzen, welche der Erdoberfläche in längeren Zeitperioden zugeführt werden.

Man hat beispielsweise berechnet, dafs die heifse Quelle von Warasdin-Teplitz in Croatien, welche jeden Tag 7700 Eimer Wasser von 56° C. liefert, soviel an festen Bestandteilen, als Schwefel, Kali, Natron, Eisen, Kalkerde, Magnesia, Thonerde und Kieselsäure enthält, dafs sie seit Christi Geburt gegen 4000 Millionen Kilogramm geliefert hat, die einem Würfel von 140 m Seitenlänge entsprechen würden.

Sehr reich an kalten und warmen Quellen ist Kleinasien. Bei der alten Stadt Hieropolis unweit Smyrna erhebt sich eine 100 m hohe und 4 km lange, schneeweifse, in dem Zeitraum von Jahrtausen-

den aufgebaute Mauer von Kalksinter, die den Namen „das Baumwollenschlofs“ führt und den dort vorhandenen heifsen Quellen ihr Entstehen verdankt. Ebenso haben die sehr heifsen Thermen von Hammâm Meskutin in der algerischen Provinz Constantine grofsartige Sintermauern aufgetürmt.

Aufserdem mag hier noch die gewaltige Kalksinter-Terrasse erwähnt werden, welche sich in Nordamerika am Nordeingange in den Yellowstone-National-Park befindet und unter dem Namen der Mammoth Hot Springs Terrasse bekannt ist. Ich komme auf dieselbe noch später zurück.

Die Quellen von Baden im Aargau entnehmen nach Löwig der Tiefe jährlich gegen 2 Millionen Kilogramm feste Bestandteile, vorwiegend Gyps und Kochsalz, einem Würfel von 8,3 m Seitenlänge entsprechend.

Die schon erwähnte St. Lorenzquelle in Leuk schafft jährlich 1620 cbm Gyps an die Erdoberfläche.

Am Südrande des Taunus und Hunsrück treten auf den grofsen Gebirgsspalten eine bedeutende Anzahl von heifsen Quellen auf, die sich sämtlich durch einen hohen Kochsalzgehalt auszeichnen und daher zu der Gruppe der Salzquellen zu rechnen sind. Hierzu gehören: Soden am Sulzbach mit vielen Quellen von 19—30° C., Nauheim in der Wetterau, dessen in 177,2 m Tiefe erbohrter Sprudel die Temperatur von 37,6° C. zeigt. Ferner Homburg vor der Höhe mit fünf Quellen, Cronberg, Wiesbaden mit drei Hauptquellen, Kreuznach und Münster am Stein. Die Quellen an dem Südrande des Taunus steigen aus dem Devon empor und werden wahrscheinlich Steinsalzlager oder Salzthone auslaugen, obwohl man solche im Devon und Silur nicht kennt. Die Analyse des Wiesbadener Kochbrunnens soll die chemische Zusammensetzung dieser Salzquellen veranschaulichen.

1000 Teile enthalten:

CO_3Ca	0,4180
CO_3Mg	0,0104
CO_3Fe	0,0056
CO_3Mn	0,0006
CO_3Ba	Spur
CO_3Sr	Spur
SO_4Ca	0,0902
$ClNa$	6,8356
Summa	7,3604

Transport . . .	7,3604
ClK	0,1458
Cl_2Ca	0.4710
Cl_2Mg	0,2039
$P_2O_7Ca_2$	0,0004
SiO_2	0,0599
Sonstige Bestandteile . . .	0,0211
Feste Bestandteile	8,2625
CO_2	0,5082

Nicht sowohl die Temperatur und der Kohlensäuregehalt, als namentlich auch die Beschaffenheit des Nebengesteins der Quellen bedingt ihren mehr oder weniger hohen Mineralgehalt. Die heifsen Quellen Islands verdanken ihren hohen Gehalt an Kieselsäure den dort sehr weit verbreiteten Palagonit-Tuffen, welche aus leicht zersetzbarem Basaltglas bestehen. Sehr widerstandsfähigen Gesteinen können nur wenige Mineralbestandteile entzogen werden. Ein Beispiel dafür bieten die heifsen kohlensäurereichen Quellen von Teplitz. Sie treten aus einer Felsspalte hervor, die einen sehr schwer zersetzbaren Quarzporphyr durchdringt und enthalten infolge dessen nur wenig feste Mineralbestandteile, denn in 1000 Teilen sind nur 2,5 feste Bestandteile vorhanden, die im wesentlichen aus Calciumsulfat, Magnesiumsulfat und Calciumcarbonat bestehen. Ganz ähnlich verhalten sich auch die Quellen von Gastein und Pfäfers, von denen erstere aus Granit, letztere aus Schiefern hervorbrechen. Die Quellen von Gastein enthalten in 1000 Teilen nur 0,34, diejenigen von Pfäfers nur 0,29 feste Bestandteile.

(Schlufs folgt.)

Mittheilungen.

Die Photographie des Kometen Holmes und der grofse Andromedanebel.

Am 6. November 1892 entdeckte Edwin Holmes in London einen Kometen, der sich als einer der seltsamsten und rätselhaftesten aller bisher beobachteteu erwies. Sein plötzliches Auftreten als ein dem blofsen Auge sichtbares Objekt, das sich direkt im Zenith befand, wo es unmöglich längere Zeit gestanden haben konnte, ohne bemerkt zu werden, wie auch sein späteres merkwürdiges Verhalten legte mehreren Astronomen die Möglichkeit nahe, dafs es kein Komet im eigentlichen Sinne des Wortes sei, sondern das Resultat des Zusammenstofses zweier Asteroiden, denn seine nahezu kreisförmige Bahn lag in der Asteroidenzone. Ich vermute jedoch, dafs diese Theorie im allgemeinen wenig Anklang bei den Astronomen gefunden hat, obgleich die Geschichte des Kometen geeignet ist, eine solche Auffassung zu unterstützen.

Die Art seines Ursprungs dürfte kaum jemals bekannt werden; auf Grund dessen jedoch, was ich von diesem sonderbaren Phänomen auf der Lick-Sternwarte beobachtete, bin ich anzunehmen geneigt, dafs es in der kometarischen Form überhaupt aufgehört hat zu existieren. Diese Frage kann allerdings erst bei seiner Wiederkehr entschieden werden, die nach den besten Berechnungen 1899 stattfinden soll.

Bei seiner Entdeckung hatte der Komet gut einige Monate sein Perihel passiert; hätte er während längerer Zeit schon existiert, so wäre er mit Leiohtigkeit gesehen worden, da seine vorherige Stellung dann einer Entdeckung viel günstiger gewesen sein müfste.

Bei der Opposition des Kometen suchte ich sorgfältig nach ihm sowohl mit dem 12- als auch mit dem 36-zölligen Refraktor, ohne jedoch eine Spur von ihm aufzufinden, obgleich er sehr günstig stand. Dies brachte mich zu der Annahme, dafs die Erscheinung ein Phänomen temporärer Natur war und voraussichtlich nie wieder zu sehen sein wird.

Meine erste Beobachtung des Objekts fand am 8. November 1892 statt, zu welcher Zeit es dem blofsen Auge als ein Stern 6. Gröfse sichtbar war. Im Teleskop erschien der Komet auffällig rund und scharf begrenzt, sodafs er keine Ähnlichkeit mit irgend einem der bisher beobachteten Kometen zeigte, sondern genau einem gut begrenzten planetarischen Nebel glich. Eine schwache neblige Masse von etwa 12′ im Durchmesser umgab ihn und zeigte nach Süden hin eine matte Verlängerung.

Der Komet verbreiterte sich sehr schnell und deformierte im Laufe des nächsten Monats zu einem aufserordentlich schwachen und weitausgedehnten zarten Nebel. Am 16. Januar 1893 hatte diese ausgebreitete Materie sich plötzlich zu einem hellen nebligen Stern 8. Gröfse verdichtet und glich in einem kleinen Teleskop auch vollständig einem solchen. Dieser Stern begann von neuem sich auszudehnen, machte dann wieder den Prozefs augenscheinlicher Auflösung durch und verschwand endlich für alle Fernrohre.

Die beigegebene Photographie des Objekts wurde am 10. November 1892 aufgenommen und läfst klar den runden und deutlich begrenzten Kern des Kometen und die ihn umgebende neblige Hülle erkennen. Die Aufnahme zeigt auch eine grofse, unregelmäfsig geformte Nebelmaterie im Südosten des Kometen, die mit ihm durch den früher beschriebenen diffusen Schweif verbunden ist. Dieses Phänomen scheint bisher von denen, die sich für den Kometen interessieren, übersehen worden zu sein, aber es wird zweifellos eines Tages ein sehr wichtiger Faktor bei der Lösung des Geheimnisses werden, welches zur Zeit noch dieses aufsergewöhnliche Objekt umgiebt.

Die Photographie ist überaus charakteristisch; sie zeigt sowohl den Kometen wie auch den grossen Nebel der Andromeda in einer sehr gelungenen Aufnahme. Voraussichtlich dürften sich auch andere Kometen in gleich grofser Nähe des Andromedanebels zeigen (Sawerthals Komet von 1888 stand ihm noch viel näher), doch ist es kaum wahrscheinlich, dafs ein so merkwürdiges Objekt wie dieser Komet Holmes beobachtet werden sollte, und wäre es dennoch der Fall, so ist schwer anzunehmen, dafs seine Bewegung langsam genug für eine hinreichend lange Exposition zur Aufnahme eines scharf begrenzten Bildes erfolgen sollte.

Jedenfalls ist es ein seltsames und zum Nachdenken anregendes Zusammentreffen, dafs der grofse Lichtausbruch des Sawerthalschen Kometen vom Mai 1888 sich in der gleichen Himmelsgegend ereignete. E. E. Barnard.

Die scheinbare Gröfse der Sonne am Horizont und auf Photographien.

Dafs uns Sonne und Mond in der Nähe des Horizontes wesentlich gröfser erscheinen, als wenn sie hoch am Himmel stehen, ist eine allbekannte optische Täuschung, für deren Erklärung mancherlei Umstände in Anspruch genommen worden sind, durch deren Zusammenwirken die auffällige Erscheinung in der That voll begreiflich wird. Dem Grade nach ist diese Täuschung grofsen Schwankungen unterworfen, was jedenfalls der Einwirkung wechselnder atmosphärischer Zustände zuzuschreiben ist, da ja, wie Helmholtz betont, atmosphärische Trübungen eine wesentliche Verstärkung der „Luftperspektive“ und damit ein Gröfsererscheinen der entfernter geschätzten Objekte bewirkt, wie dies schon bei fernen Bergzügen beobachtet werden kann. Für die Himmelskörper kommt aufserdem noch in Betracht, ob irdische Vergleichsobjekte für die unmittelbar sinnliche Beurteilung der Entfernung und Gröfse neben ihnen wahrgenommen werden oder nicht. „Wenn der Mond zum Beispiel“, sagt Helmholtz, „neben oder hinter einer etwa zweitausend Fufs entfernten Baumkrone untergeht, welche selbst 20 Fufs Durchmesser hat, so erscheint er unter demselben Gesichtswinkel, aber viel weiter entfernt, also auch viel gröfser als der Baum, während er hinter flachem Horizonte untergehend keinen Gegenstand zur Vergleichung findet, an dem wir erkennen könnten, dafs eine geringe scheinbare Gröfse einer sehr bedeutenden absoluten Gröfse entspricht“.

Am geringsten mufs demnach die scheinbare Durchmesservergröfserung von Sonne und Mond bei klarer Luft am Meereshorizont ausfallen, weil dann die eben erwähnten Ursachen der Täuschung fast ganz fehlen. Immerhin ist aber auch hier die Erscheinung noch recht auffallend, und man hat den nun noch vorhandenen Betrag jedenfalls auf Rechnung der durch die Betrachtung des Wolkenhimmels uns sich aufdrängenden abgeflachten Gestalt des scheinbaren Himmelsgewölbes zu setzen. Nun ist die Abflachung des scheinbaren Himmelsgewölbes vor einigen Jahren durch geeignete Augenmafs-Versuche von Professor Reimann in Hirschberg gemessen worden, wie wir im zweiten und dritten Bande dieser Zeitschrift (S. 444 und 388) berichtet haben. Damals hatte sich für den Tageshimmel ergeben, dafs sich der horizontale Radius zum vertikalen im Durchschnitt wie 3,48 zu 1 verhält, und es lag nun die Frage nahe, ob bei Vermeidung anderer, unser Urteil beeinflussender Umstände die Vergröfserung der Sonne beim Untergang der Projektion auf das

scheinbare Himmelsgewölbe und der allein dadurch bedingten Vergröfserung der scheinbaren Entfernung entspricht. Deshalb bestimmte Reimann im Sommer 1894 im Verein mit Dr. Kroemer sowohl mittags als bei Sonnenuntergang am Kolberger Ostseestrande neunmal, in wie grofse Entfernung vom Beobachter eine weifse Kartonscheibe getragen werden mufste, bis sie mit der Sonne gleich grofs erschien. Es ergab sich dabei, dafs die Scheibe von 34 cm Durchmesser abends durchschnittlich nur 11,47 m, mittags dagegen 38,11 m vom Auge entfernt werden mufste, wobei natürlich mittags die Sonne durch ein Blendglas betrachtet wurde Hieraus folgt, dafs erstens die Sonne dem freien Auge am Horizont $3\frac{1}{3}$ mal so grofs erscheint als durch ein Blendglas betrachtet in 55° Höhe, und dafs sie zweitens unter den letzteren Verhältnissen in ihrer wahren Gröfse gesehen wird. Später stellte Reimann noch fest, dafs die Sonne in jeder Höhe durch ein genügend dunkles Glas in ihrer wirklichen Gröfse erscheint. Das Verhältnis $3\frac{1}{3} : 1$ ist nun von dem oben angegebenen Verhältnis der scheinbaren Entfernungen bis zum Horizont und Zenith so wenig verschieden, dafs man durch die Reimannschen Versuche als erwiesen ansehen kann, dafs die scheinbare Vergröfserung der untergehenden Sonne bei klarem Wetter und flachem Horizonte ausschliefslich durch die eigenartige Anschauung vom Himmelsgewölbe, die sich in jedem von uns unwillkürlich entwickelt, zu stande kommt. Am Monde hat Reimann bis jetzt ähnliche Vergleiche wegen gewisser Schwierigkeiten noch nicht ausführen können; entsprechend der höheren Wölbung des Nachthimmels erwartet er jedoch für diesen Fall geringere Unterschiede, was mit dem oft gehörten Urteil übereinstimmen würde, dafs die untergehende Sonne gröfser aussehe als der unter- oder aufgehende Mond. Über diesen letzten Punkt spricht sich allerdings Helmholtz in seiner physiologischen Optik gerade im entgegengesetzten Sinne aus, sodafs eine Entscheidung der Frage durch messende Versuche am Monde, die ja auf irgend eine Art jedenfalls durchführbar sein werden, doch nicht unwichtig wäre.

Im Anschlufs an die eben besprochenen, in der Natur zu beobachtenden Urteilstäuschungen mögen auch noch ähnliche, aber umgekehrte Erscheinungen, die man bei photographischen Landschaftsaufnahmen oft hemerkt, erörtert werden. Entfernte Bergzüge sehen bekanntlich auf photographischen Aufnahmen stets viel zu klein aus, und in noch stärkerem Grade scheint die photographische Platte zu lügen, wenn sie einmal die Mond- oder Sonnenscheibe am Himmel aufweist, die dann wegen ihrer geringen Gröfse kaum wiederzuerkennen sind. In diesem

Falle ist es jedoch leicht, den scheinbaren Widerspruch zwischen Wirklichkeit und Photographie zu lösen. Selbstverständlich zeichnet das Objektiv einer photographischen Camera die verschiedenen Objekte im richtigen Gröfsenverhältnis, aber um dies zu erkennen, müssen wir unser Auge in dieselbe Entfernung von der Bildebene bringen, in welcher sich Objektiv und Platte bei der Aufnahme befanden. Gewöhnlich betrachten wir nun aber Photographien aus einem wesentlich gröfseren Abstand, und dies erklärt dann vollkommen die scheinbare Kleinheit entfernter Objekte. Denken wir uns z. B. auf einer Photograpie die Sonne und ein Fenster im Vordergrunde in gleicher Gröfse abgebildet, so wird bei richtiger Lage des Auges an der Stelle, wo sich bei der Aufnahme das Objektiv der Camera befand, sowohl das Fenster als auch die Sonne einen scheinbaren Durchmesser von einem halben Grad besitzen. Betrachten wir nun das Bild von einer doppelt so grofsen Entfernung aus, so werden die Sehwinkel beider Objekte dadurch auf die Hälfte, also auf $^1/_4$ Grad reduziert. Bei einem nahen Objekt wie dem Fenster hat das für uns nichts Auffälliges, da wir die scheinbare Verkleinerung naher Gegenstände mit zunehmender Entfernung aus der alltäglichen Erfahrung gewöhnt sind. Von einem sehr fernen Objekt, wie der Sonne oder einem entfernten Berge, wissen wir jedoch, dafs ein Zurückweichen unseres Auges um wenige Dezimeter gar keinen merkbaren Einflufs auf den Gesichtswinkel haben kann; wir sehen die Sonne stets und unter allen Umständen mit einem Durchmesser von einem halben Grad und empfinden es daher sehr deutlich als falsch, wenn sie auf dem Bilde nun nur einen Viertelgrad im Durchmesser zu haben scheint. Die Photographie ist eben eine perspektivische Zeichnung, welche nur für eine bestimmte Entfernung, nämlich die Brennweite des Objektive, richtig erscheint. Der Maler ist dagegen im stande, die Perspektive nach derjenigen Entfernung, aus welcher das Bild voraussichtlich betrachtet werden wird, zu bestimmen, und wird oft eher in den entgegengesetzten Fehler verfallen, die Berge und Sonne zu grofs darzustellen. Die Photographie wird den besprochenen Fehler stets nur durch Vergröfserung der Brennweite des Objektivs möglichst beseitigen können. Hier haben daher die mit grofsen Apparaten arbeitenden Fachphotographen einen für den fliegenden Amateur glücklicherweise nicht einzuholenden Vorsprung voraus, den sie durch die jetzt so in Aufnahme gekommenen grofsen Formate auch in zweckentsprechender Weise auszunützen wissen.

F. Kbr.

Zur Frage der Vergröfserung des Erdschattens bei Mondfinsternissen.

Der Schatten der Erde, welcher bei Mondfinsternissen die Verfinsterung des Mondes hervorbringt, ist bekanntlich etwas gröfser, als die Rechnung für den Kernschatten ergiebt. Man nimmt auf diese Thatsache seit langer Zeit bei der Berechnung der Mondfinsternisse Rücksicht, indem man einen „Vergröfserungskoëffizienten", nämlich die scheinbare Vergröfserung des Radius des Erdschattens in Teilen dieses Radius ausgedrückt, einführt. Die Annahmen für diesen Koëffizienten waren noch vor 15 Jahren sehr schwankend, indem sie zwischen $^1/_{60}$ bis $^1/_{40}$ variierten; erst eine genauere Untersuchung der Beobachtungen vieler Mondfinsternisse hat innerhalb der letzten 10 Jahre zu schärferen Bestimmungen geführt, von denen jene von Brosinsky, welche $^1/_{55}$ lieferte und die sehr zahlreiche Beobachtungen umfassende von J. Hartmann, welche ungefähr $^1/_{50}$ ergab, hervorzuheben sind. Diese letzteren Arbeiten sind die Ursache gewesen, dafs man der Erscheinung der Mondfinsternisse, die schon fast eine Nebenrolle unter den Beobachtungsobjekten der Astronomie spielen mufsten, neuerdings wieder ein lebhaftes und, wie sich zeigen wird, sehr gerechtfertigtes Interesse entgegenbringt.

Es knüpfen sich nämlich an die Beobachtung der Mondfinsternisse neben der endgiltigen Festsetzung des Vergröfserungskoëffizienten verschiedene Fragen, welche auf eine weitere als nur rein astronomische Bedeutung Anspruch haben. Während die früheren Astronomen, die noch eine Atmosphäre auf dem Monde voraussetzten, annehmen durften, dafs diese die Ursache des Phänomens der Vergröfserung des Erdschattens sei, wurde in neuerer Zeit mehr die Ansicht vertreten, dafs der Grund vielmehr in der Atmosphäre unserer Erde selbst liege, indem die unteren Teile derselben wenig Durchsichtigkeit besitzen, also die Erdatmosphäre gewissermafsen den Schatten der Erde vergröfsern helfe. Dieser, jetzt noch ziemlich verbreiteten Ansicht ist vor 5 Jahren Prof. Seeliger entgegengetreten, indem er darauf aufmerksam zu machen suchte, dafs die Erscheinung sehr wahrscheinlich nur auf optisch-physiologische Gründe zurückzuführen sei, wie schon Lambert, der Begründer der Photometrie, gemutmafst hat. Prof. Seeliger hat inzwischen das Problem in eingehender Weise studiert und seine Resultate in einer sehr interessanten Abhandlung (k. bayer. Akademie d. W. II. Kl. 19 Bd. 1896) veröffentlicht, aus der wir einiges hier hervorheben möchten.

Seeliger verwandte zum Studium der Bedingungen, unter welchen

Helligkeitsunterschiede auf beleuchteten Flächen entstehen, verschiedene kreisrunde, schnell rotierende Scheiben aus Holz oder Pappdeckel. Solche, 20 bis 30 mal in der Sekunde sich drehende Scheiben gewähren bei geeigneter Beleuchtung den Anblick völlig ruhig leuchtender Flächen von bestimmten, geforderten Helligkeitsgraden. Vom Mittelpunkte der Kreisfläche der Scheibe denke man sich nun eine gerade Linie bis zum Kreisumfange und unter mäfsigem Winkel gegen dieselbe eine zweite Linie vom Mittelpunkte zur Peripherie gezogen, welche jedoch aus zwei beinahe um 180° gegen einander geneigten Stücken bestehe, also eine Gerade vorstellt, die etwa in der Mitte eingeknickt ist. Dieser von den beiden Linien begrenzte Sektor sei weifs und der übrige Teil der Kreisfläche matt schwarz angestrichen. Wird eine solche Scheibe senkrecht beleuchtet, vor dieselbe ein schwarz gestrichener Schirm gestellt, sodafs sie gerade eine in letzterem befindliche Öffnung ausfüllt, so zeigt sich bei gleichmäfsiger schneller Rotation der Scheibe bald die Erscheinung, dafs auf der hellen Fläche eine Trennungslinie sichtbar wird, und zwar tritt an der Stelle, wo die eine Begrenzungslinie des Sektors den Knick macht, dem Beschauer ein deutlicher Helligkeitsunterschied auf der Scheibe entgegen. Die aufgenommenen Photographien zeigen dementsprechend eine kreisförmige helle Mittelpartie, umgeben von einem dunklen Kreisringe. Die Trennungslinie verschwindet desto eher, je weniger scharf die Umbiegung jener Begrenzungslinie gewählt wird. Ersetzt man die geknickte Linie durch Kurven von mehr oder weniger scharfer Biegung und experimentiert mit den diesbezüglichen Scheiben, so treten die Trennungslinien, welche die physiologisch zu stande kommende Verschiebung der Schattengrenze darstellen, dementsprechend an anderer Stelle der Scheibe mehr oder weniger bestimmt auf, und man erhält allmählich eine Übersicht über die Bedingungen ihres Entstehens.

Seeliger hat nun die Theorie der Lichtverteilung, die beim Monde statt hat, streng mathematisch durchgeführt, und zwar sowohl unter der Annahme, dafs die Sonnenscheibe von durchaus gleicher Helligkeit sei, als auch dem Resultate der Beobachtungen gemäfs, dafs ihre Helligkeit gegen den Rand hin abnehme, und hat schliefslich die numerischen Rechnungen gemacht, die sich für die Mondfinsternisse unter zulässigen Voraussetzungen und Abkürzungen der strengen theoretischen Formeln ergeben. Es resultierte so die Helligkeitsverteilung in der Nähe der geometrischen Kernschattengrenze, und zwar, wie sie vom Erdmittelpunkte aus je nach der Winkelentfernung vom Centrum des Kernschattens gesehen wird. Die Grenze des

geometrischen Kernschattens ergab sich aus jener Theorie (bei Rücksichtnahme auf die Erdatmosphäre und die ungleiche Helligkeit der Sonne), wenn wir die Winkelentfernung vom Kernschattencentrum mit γ bezeichnen, bei $\gamma = 2471$ Sekunden, welche Zahl unter Annahme des von Hartmann gefundenen Vergröfserungskoëffizienten auf $\gamma = 2522$ Sek. zu erhöhen wäre. Nimmt man eine Scheibe, deren Halbmesser 15 cm beträgt und betrachtet die Helligkeit im Mittelpunkte als $\gamma = 2460$, dem Rande als $\gamma = 2560$ Sek. gleichkommend, so würde demgemäfs die dem $\gamma = 2522$ Sek. entsprechende Trennungslinie (Schattengrenze) bei der Rotation ungefähr 9,3 cm vom Mittelpunkte entfernt auftauchen müssen. Die Theorie erlaubt nun, scharf die Kurve zu berechnen, welche den einzelnen Werten von γ, oder was hier dasselbe ist, den verschiedenen Entfernungen vom Scheibenmittelpunkte entspricht und die man an die Stelle der vorhin genannten geknickten Linie zu setzen hat. Konstruiert man dieser Rechnung gemäfs die Kurve des Kreissektors und setzt die Scheibe unter den schon beschriebenen Bedingungen in Rotation, so entsteht sofort die Schattengrenze, und zwar, wie eine Reihe von Messungen im Dezember 1895 bewiesen, an der geforderten Stelle, nämlich 9,3 cm vom Scheibenmittelpunkte. Hiermit dürfte nachgewiesen sein, dafs durch jene Experimente thatsächlich die bei den Mondfinsternissen vorkommende Lichtverteilung dargestellt und das Auftreten einer Schattengrenze an einer aus den Beobachtungen der Mondfinsternisse hervorgehenden Stelle erreicht wird. Dadurch ist auch gezeigt, dafs die scheinbare Vergröfserung des Erdschattens bei Mondfinsternissen eine Erscheinung physiologischer Natur ist.

Abgesehen davon, dafs sich aus Seeligers Experimenten einige bemerkenswerte Folgerungen über unsere Erdatmosphäre und über die Vorübergänge der mit einer Atmosphäre versehenen Planeten vor der Sonne (Venus) ergeben, auf die wir hier nicht näher eingehen können, wird auch jeder der Sache fernstehende erkennen, dafs die Beobachtung der Mondfinsternisse wieder in den Vordergrund des astronomischen Interesses gerückt ist. Es scheint annehmbar, dafs eine exakte Verfolgung der Mondfinsternisse zu noch weiteren merkwürdigen Ergebnissen führen wird. In Betreff dieser in Zukunft wünschenswerten, möglichst genauen Beobachtung der Mondfinsternisse hat deshalb J. Hartmann die Frage erörtert (Die Beobachtung der Mondfinsternisse. XXIII. Bd. Abhdlgen d. Kgl. sächs. Ges. d. W. 1896), inwiefern die jetzt gebrauchten Beobachtungsmethoden zur Messung der Schattengrenze in Bezug auf Genauigkeit verwendbar

sind, und namentlich, ob nicht die bisher besonders üblich gewesene Methode, die Zeit des Kontaktes des Erdschattens mit den Mondkratern zu beobachten, durch ein schärferes, verläfslichere Resultate versprechendes Verfahren zu ersetzen sein möchte. Der Grad der Genauigkeit, welcher bei den einzelnen Methoden erreichbar ist, drückt sich durch den Betrag des mittleren Fehlers aus, mit welchem eine einzelne Beobachtung behaftet sein kann. In dieser Absicht hat Hartmann das Messungsverfahren verschiedener Methoden untersucht und aus den Resultaten, welche die letzteren bei diversen Mondfinsternissen ergeben haben, den mittleren Fehler der Einzelbeobachtung abgeleitet. Es zeigt sich, dafs die alte Methode der Kontaktbeobachtungen eine nur sehr mäfsige Genauigkeit zuläfst, da sich aus 2121 Beobachtungen, die sich auf etwa 22 Finsternisse verteilen, der mittlere Fehler einer Beobachtung auf 10 Bogensekunden stellt. Die Anwendung des Heliometers, eines sonst bei astronomischen Objekten einen hohen Grad von Genauigkeit gewährenden Instrumentes, erweist sich bei den Mondfinsternissen nicht als günstig, wenigstens nicht, wenn man die Breite der Sichel oder die Sehne zwischen den Hörnerspitzen mifst, denn bei der Mondfinsternis vom 11. Mai 1892 ergaben diese Methoden einen mittleren Fehler von 8 und mehr Sekunden. Besser verwendbar ist das Verfahren, den Positionswinkel der Sehne zwischen den Hörnerspitzen mittelst des Fadenmikrometers, oder die Sichelbreiten mit demselben Apparat zu messen, da sich bei der genannten Finsternis der mittlere Fehler erheblich niedriger herausstellte, und aus zwei Finsternissen von 1835 und 1872 ein solcher von nur 6 Sekunden hervorging. Weit übertroffen an Genauigkeit werden diese und andere Methoden durch die Resultate, welche man aus photographischen Aufnahmen der Mondfinsternisse ziehen kann. Bei all den direkten Messungen sind nämlich systematische, d. h. die ganze Beobachtungsreihe treffende Fehler, die hauptsächlich durch Beeinflussung der Auffassung des Beobachters durch die verschiedenartige Helligkeit der einzelnen Teile der Mondfläche zu stande kommen, ganz unvermeidlich. Durch Anwendung der Photographie fallen die Schwierigkeiten fort, da man auf der Platte das augenblickliche Bild des ganzen Schattens festhalten und zu beliebiger Zeit mit Ruhe und Vorsicht ausmessen kann. Obwohl zur Zeit noch wenige wirklich brauchbare Aufnahmen von Finsternissen vorliegen, und sich Hartmann nur auf eine Anzahl Photographien angewiesen sah, die Prof. Wolf bei der Mondfinsternis vom 16. Januar 1889 hergestellt hat, zeigt sich doch, dafs der mittlere Fehler eines gemessenen

Schattenhalbmessers kaum 4 Sekunden erreichte und jedenfalls noch beträchtlich weiter herabgedrückt werden kann, wenn die photographische Methode gehörig ausgebildet wird. Ganz lehrreich scheint die photographische Verfolgung der Mondfinsternisse für uns werden zu sollen, wenn bei den Finsternissen auch die photometrische Messung der Helligkeit aller Teile des Erdschattens angestrebt wird. Durch solche Messungen wird man die Hilfsmittel gewinnen, schliefslich gewisse Rückschlüsse auf die Beschaffenheit unserer Erdatmosphäre zu machen, die sich aus der Art der Helligkeitsverteilung im Erdschatten bei Mondfinsternissen ergeben.

Was ist aus Krakatao geworden?[1])

Noch ist die gewaltige Katastrophe, welche im Jahre 1883 die in der Sundastrafse gelegene Insel Krakatao in einen Schutthaufen verwandelte, in aller Erinnerung. Seit Menschengedenken hat kein vulkanisches Ereignis von solcher Gewalt und derartigen Folgen stattgefunden. Während auch die benachbarten Länder in Schutt und Staub versanken, wurde die Insel selbst durch den Ausbruch derartig zerrissen und zerwühlt, dafs ihre frühere Gestalt nicht wieder zu erkennen war, und was von ihr übrig blieb, das hatte sich mit einer Schicht von Asche und Bimstein bedeckt, die nirgends eine geringere Mächtigkeit als 1 m hatte, aber an vielen Stellen 60 m erreichte. Es ist nicht daran zu denken, dafs unter dieser Decke begraben irgend eine Spur von Vegetation sich erhalten konnte, denn die Beispiele von lang erhaltener Keimkraft, welche z. B. die ägyptischen Gräbern entnommenen Kornfrüchte liefern, passen hier nicht, weil die anfänglich sehr heifse Decke jede Keimfähigkeit von Saaten, wie überhaupt alles Organische notwendig dem Untergange weihen mufste.

Und da inzwischen kein Versuch gemacht worden ist, dem unglücklichen Eilande neue pflanzliche Bewohner zuzuführen, so sollten wir erwarten, dafs sie wüst und leer geblieben sei bis zum heutigen Tage. Aber was lehren uns die Berichte der Reisenden? Der Botaniker Dr. Treub, der die Insel bereits 1886 besuchte, fand dort schon die Anfänge einer neuen Flora, die er an Ort und Stelle studierte und deren Einzelheiten er später veröffentlichte. 1895 kam er wieder bei der Insel vorbei und fand sie damals bereits völlig mit Vegetation

[1]) Forbes, on the distribution of plants Knowledge XIX No. 129 Juli 1896.

bekleidet. Es stellen sich uns nun eine ganze Reihe von Fragen entgegen: Woher stammen die auf Krakatao neu erstandenen Pflanzen? Welcher Art sind sie? Auf welchem Wege und durch welche Transportmittel sind sie an ihren jetzigen Standort gelangt?

Bevor wir auf die erste Frage antworten, wollen wir vorerst über die Lage und die physikalische Beschaffenheit der Insel einige Worte sagen. Was nach der Zerstörung übrig blieb, ist etwa eine Fläche von 5 km Durchmesser und 800 m Höhe, deren eine Seite als fast senkrechte Mauer gegen das Meer abfällt, während die anderen kaum weniger steile Abfälle bilden. Sie ist von Sumatra 32 und von Java 34 km entfernt, und die nächste von den kleinen Inseln, auf denen irdischer Pflanzenwuchs bestand, ist das Eiland Sibesie, das 16 km von Krakatao entfernt liegt. Da die aufgefundenen Pflanzenarten besonders selten und im malayischen Archipel wohl überall nicht verbreitet sind, so ist auf diesen Nachbarinseln wahrscheinlich der Ausgangspunkt für die neue Pflanzenwelt Krakataos zu suchen. Die Pflanzen selbst, die gefunden wurden, sind aber äufserst instruktiv, denn wir lernen daraus, wie der unfruchtbare Boden von Asche und Bimstein noch gerade gut genug ist, um sie zu nähren, wie sie durch ihre zersetzende Thätigkeit, unterstützt von der Feuchtigkeit und den chemischen Kräften den Boden sodann genügend vorbereiten und eine Nährschicht schaffen, die auch entwickelteren Pflanzen Halt und Nahrung bietet. „So lagert sich schichtenweise ein organisches Gewebe auf das andere; und wie das sich ansiedelnde Menschengeschlecht bestimmte Stufen der sittlichen Kultur durchlaufen mufs, so ist die allmähliche Verbreitung der Pflanzen an bestimmte physische Gesetze gebunden.“ [2]) Humboldt hat die Pionierarbeit, welche hier den am tiefsten stehenden Gewächsen, den Thalluspflanzen, zukommt, glänzend geschildert und auch gezeigt, wie sie bescheiden sich zurückziehen, in demselben Tempo rückwärts schreitend, in dem die Kultur Fortschritte macht. Den Flechten schrieb er den Hauptanteil an jener grundlegenden Arbeit zu.

Flechten sind, wie später Schwendeners glänzende Entdeckung zeigte, Vergesellschaftungen von Algen und Pilzen. Welchem Bestandteil die Pionierarbeit zufällt, blieb unentschieden. Treub fand nun auf dem harten Material die Sporen von Fadenalgen (insbesondere Arten der allgemein verbreiteten Gattung Lyngbya) als keimende Pflanzen, die in dem Boden die erste Zersetzung bewirkten. Diese mikroskopischen Organismen vermehren sich in so erstaunlichem Mafse,

[2]) Humboldt, Ansichten der Natur. Stuttg. 1871. Bd. II S. 11.

dafs sie bald als ein grünes gelatinöses Häufchen die Fläche, auf der sie wachsen, überziehen. Durch ihren eigenen Zerfall und die Wirkung auf ihre Unterlage schaffen diese Algen einen Boden, in welchem die Sporen von Farnen keimen konnten, von denen Treub 11 Species beobachtete, darunter auch den überall heimischen Adlerfarn. Einige von dieeen waren bereits allgemein verbreitet. Die Farne wiederum bereiten den Boden für noch höher organisierte Gewächee vor, nämlich für Blütenpflanzen, die übrigens 1886 nur ganz eporadiech aufgetreten waren. Dieselben gehörten 15 Arten aus verschiedenen Familien an. Zum Teil waren es Küstenpflanzen, welche sich in den Tropen einer weiten Verbreitung erfreuen, aber acht Arten fanden sich auch auf dem bergigem Innern. Unter den Blütenpflanzen war bereits ein Schraubenbaum (Pandanus) und die Kokospalme vertreten.

Hier also wurde vielleicht zum ersten Male das Werden einer neuen Flora an abgelegener Stelle belauecht. Nicht viel andere wird sich jedenfalls die Entwickelung der Pflanzenwelt in anderen Eilanden vollzogen haben, deren Flora dann uneer besonderee Interesse herausfordert, wenn dieselben weit aufeerhalb des Bereiches bewohnter und pflanzenreicher Weltgegenden liegen. Viele Reieende haben sich angelegen sein laseen, den Bestand dieser Spezialfloren aufzunehmen. So hat z. B. Chamisso die Radackinseln und Darwin auf seiner Weltreiee[3]) die Keelingineeln oder, wie sie nach ihrem Haupterzeugnis noch heifsen, die Kokoeinseln untersucht, Koralleninseln, auf deren trockenem, steinigen Boden nur das Klima der Wendekreise eine üppige Vegetation hervorrufen kann. Er konnte im ganzen nur 20 Arten auffinden, und unter ihnen waren 5 bie 6 Bäume. Immer ist die Flora ozeanischer Inseln arm, besonders an Blütenpflanzen.

Die letzte Frage, die wir aufwarfen, wie nämlich die Samen, Sporen oder Ableger der den floristischen Beetand von Krakatao bildenden Gewächse dorthin gelangt eeien, läfst sich auch unschwer beantworten. Von den verschiedenen Elementen kommen die Luft und das Waeeer als Mittel für die Verbreitung in Betracht, als Werkzeuge aufeerdem noch Vögel und Insekten, die sich auf dae wüste Eiland verflogen. Dafe der Luftkreie die Keime gar vieler Gewächse, insbesondere die leicht beweglichen Sporen der Kryptogamen, enthält, das iet eine alte Beobachtung, und ee kann dem aufmerksamen Auge nicht entgehen, wie die Pflanzen sich dem Bedürfnis, ihrer Nachkommenechaft eine weite Verbreitung zu geben, durch das geringe Gewicht der Keime eowie durch ihre Haar- und Federkronen, ihre

[3]) Ausgabe von Kirchhoff. Halle a. S. S. 477 ff.

Flügel und Fahnen augepafst haben. So sind offenbar die Algen und Farne zuerst von günstigem Winde über die trennenden Meere getragen worden und haben sich naoh Beruhigung der Luft auf dem leeren Eilande niedergelassen. Die gröfseren Pflanzen, die ja auch hauptsächlich für die Küsten charakteristisch sind, müssen aber, soweit nicht Vögel und Insekten unbewufst zu Trägern ihrer Saaten wurden, im Meere schwimmend hinübergelangt sein. Irgend eine günstige Meeresströmung hat sie über 20 und 30 km hinweg getragen, und mit der Brandung ans Ufsr gelangt, haben sie in dem dort bereits gebildeten Humus ein günstiges Fortkommen gefunden. Wir können uns ohne Schwierigksit diesen Vorgang denken, wenn es sich um so kurze Strecken, wie die 20 bis 30 km handelt, um welche Krakatao von ihren näohsten Nachbarn entfernt ist; aber wenn Darwin auf den Keeling-Inseln fast nur Pflanzen fand, die vom malayischen Archipel herstammtsn, so dafs ihre Samsn 3 bis 4000 km weit getrieben worden sind, so mufs das unser Staunen erwecken. Ein solcher Vorgang setzt sicher zweierlei voraus: einmal Meeresströmungen, wie sie durch die regelmäfsigen Winde der Tropen, die Monsune und Passate erzeugt werden und die den Wanderungen der Pflanzenkeime im Meere ihre Richtung weisen, von der abzuweichen ihnen nicht gelingen kann. Das ist, was A. S. Keeling zuerst konstatisrt hat. Sodann müssen die Samen selbst die Fähigkeit haben, ein längeres Untertauchen und Schwimmen im Meerwasser zu ertragen, ohne ihre Keimfähigkeit einzubüfsen. Das ist durch Experimente leicht festzustellen. Es giebt eine grofse Anzahl von Pflanzen, die ihre Anpassung an recht weite Seereisen dadurch zeigen, dafs sie auch in Monaten nicht angegriffen werden. Derart sind z. B., um nur eines hervorzuheben, die Samen der Kokospalme. Kokosnüsse schwimmen viele Monate im Seewasser, ohne zu verderben, und diesem Umstande gerade verdankt die Kokospalme die auffallende Verbreitung an allen tropischen Küsten, selbst auf den von den Kontinenten so weit entfernten Korallenbauten der Südsee. Sm.

Jadeit von Birma. Seit langer Zeit ist Ober-Birma als Fundort sines seltenen Schmucksteines bekannt, der unter dem Namen „Jadeit“ oder „Jadit“ geht und besonders von den Chinesen hochgeschätzt und teuer bezahlt wird. Es werden aus ihm Ringsteine und andere Schmuckgegenstände geschnitten, die als Amulette gelten. Über das

natürliche Vorkommen dieses Minerals herrschte vor kurzem noch gröfste Unklarheit, bis es dem Paläontologen am Indian Geological Survey, Dr. Nötling, gelang, bei Gelegenheit einer militärischen Expedition in die von räuberischen Volksstämmen bewohnten Gebiete vorzudringen, in denen der geschätzte Stein gewonnen wird. Er berichtet über seine Beobachtungen im neuen Jahrbuch für Mineralogie, dem die folgenden Mitteilungen entnommen sind: Das Vorkommen ist auf einen engbegrenzten Raum am Oberlaufe des Uruflusses beschränkt, eines Zuflusses des mit dem Iravaddi sich vereinigenden Chindvin-Flusses. Das Mineral findet sich hier im alluvialen Flufskies und wird seit Jahrhunderten aus demselben gewonnen. Das Flufsthal ist in einer Länge von 15—20 englischen Meilen an zahllosen Stellen durchwühlt worden, ohne dafs bis heute diese Ablagerungen erschöpft wären. Wie hohen Wert die Chinesen auf diesen Stein legen und mit welchem Raffinement bei seiner Gewinnung verfahren wird, geht daraus hervor, dafs Nötling in jenem Gebiete einen chinesischen Unternehmer antraf, der einige Arbeiter mit modernster Taucherausrüstung versehen hatte, mit deren Hülfe das Flufsgeröll aus tiefen Stellen des Stromes heraushołte und mit bestem Erfolge auf Jadeit untersuchen liefs. Es ist klar, dafs diese Rollstücke von anstehendem Gestein abstammen, aber erst an einer einzigen Stelle ist es gelungen, es auf seiner ursprünglichen Lagerstätte zu entdecken. Dieser Punkt liegt etwas westlich vom Uruflusse, in der Nähe eines Dorfes Sanka, und bildet dort mitten im dicht bewaldeten Dschungel eine kleine Kuppe, die auf beiden Seiten von tertiärem Sandstein begrenzt wird. In dem zur Ausbeutung des Minerals geschaffenen künstlichen Aufschlusse sieht man eine Serpentinmasse, unterhalb deren, von ihr durch eine nur mit lehmiger Erde erfüllte Kluft getrennt, der Jadeit ansteht, und zwar besitzt er hier eine schneeweifse Farbe. Die Lagerungsverhältnisse des Serpentins machen es in Verbindung mit Beobachtungen an anderen Stellen wahrscheinlich, dafs derselbe in Gestalt eines Eruptivgesteinsganges die tertiären Schichten durchbricht. Ob aber der Jadeit eine Erstarrungsmodifikation des Serpentins darstellt, oder ob er nur als eine aus der Tiefe mitherausgerissene Scholle aufzufassen ist, läfst sich vor der Hand nicht entscheiden. Es ist nicht unmöglich, dafs eine genaue Durchforschung jener Gebiete noch andere Punkte nachweisen wird, an denen das Gestein ansteht, umsomehr, als sich auch im Iravaddi Jadeitgerölle finden sollen.

K. K.

Bibliographisches

Verzeichnis der vom 1. August 1896 bis 1. Februar 1897 der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher.

Annuaire de l'Observatoire municipal de Montsouris pour l'année 1897. Paris, Gauthier-Villars et fils.

Allgemeine Erdkunde von Haun, Hochstetter und Pokorny. I. Abteilung: Die Erde als Ganzes, ihre Atmosphäre und Hydrophäre von Dr. J. Hann. Mit 24 Tafeln in Farbendruck und 92 Textabbildungen. 5. neu bearbeitete Auflage von J. Hann, Ed. Brückner u. A. Kirchhoff, 1896.

Annalen der Kaiserlichen Universitäts-Sternwarte in Strafsburg. Band I. Herausgegeben von dem Direktor der Sternwarte E. Becker. Karlsruhe, Braunsche Buchhandlung, 1896.

Annales de l'observatoire Astronomique de Moscou, publiées sous la rédaction du Prof. Dr. W. Ceraski. II. Série. Vol. III. Livraison II. Avec une Planche et neuf Figures dans le Texte. Moscou, Société A A. Levenson, 1896.

Astronomischer Kalender für 1897. Herausgegeben von der k. k. Sternwarte zu Wien. Wien, Carl Gerolds Sohn.

Barth, A. F. Unser Weltsytem. Ein Beitrag zur Theorie des Weltgeschehens. Leipzig, Gust. Fock, 1896.

Bendt, Katechismus der Differential- und Integralrechnung. Mit 39 in den Text gedruckten Figuren. Leipzig, J. J. Weber, 1896.

Bergling, C. E., Stereoskopie für Amateurphotographen. Mit 23 Figuren. Berlin, R. Oppenheim, 1896.

Bisle, M., Zeugnisse aus der Natur. Betrachtungen über die Schönheit, Zweckmäfsigkeit und Sinnbildlichkeit der Natur. Augsburg, Mich. Seitz, 1897.

David, L., Ratgeber für Anfänger im Photographieren. Halle a. S., Wilh. Knapp.

David Scolik, Photographisches Notiz- und Nachschlagebuch. W. Knapp, Halle a. S.

Dreher, Dr. E., Die Grundlage der physischen Welt. (Fragen des öffentlichen Lebens. Herausgegeben von Dr. jur. R. Wrede, Heft 7.) Berlin, Kritik Verlag, 1896.

Eder, Dr. J. M., Das Pigmentverfahren und die Heliogravure. Ausführliches Handbuch der Photographie. Mit 31 Holzschnitten. Halle a. S., Wilh. Knapp, 1896.

Elster, J., u. H Geitel, Über eine lichtelektrische Nachwirkung der Kathodenstrahlen. (Separat-Abdruck aus den Annalen der Physik und Chemie. Neue Folge. Band 59, 1896.) Leipzig, J. A. Barth.

Epstein, Dr. J., Überblick über die Elektrotechnik. 6 populäre Experimental-Vorträge gehalten im Physikalischen Verein zu Frankfurt a. M. III. vermehrte Auflage mit 47 Abbildungen. Frankfurt a. M., Joh. Alst, 1896.

Epstein, Dr. S. S., Hermann von Helmholtz als Mensch und Gelehrter. Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt, 1896.

Erfurth, C., Haustelegraphie, Telephonie, Blitz-Ableiter, Feuertelegraphen und Einrichtung elektrischer Lichtaulangen in Theorie und Praxis. Mit über 260 Abbildungen ausgestattet. Dritte erweiterte Auflage. Berlin 1896. Julius Joost, Langenberg, Rheinland.

Foerster, Prof. W., Wissenschaftliche Erkenntnis und sittliche Freiheit. Sammlung von Vorträgen und Abhandlungen. Vierte Folge. Berlin, Dümmlers Verlag. 1896.

Fortschritte der Physik im Jahre 1895. Dargestellt von der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. 51. Jahrgang. I. Abteilung: R. Börnstein, Physik der Materie; II. Abteilung: R. Börnstein, Physik des Äthers; III. Abteilung: R. Assmann, Kosmische Physik. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1896.

Geographische Abhandlungen. Herausgegeben von Prof. Dr. Penk, Wien. Band V. Heft 5: Die Abflufs- und Niederschlagsverhältnisse von Böhmen von Dr. Vasa Ruvarac nebst Untersuchungen über Verdunstungen und Abflufs von gröfseren Landflächen von Prof. Penck. Mit einer Karte, zwei Tafeln und zahlreichen in den Text gedruckten Tabellen. Band VI. Heft 1: Dr. Johann Müllner, Die Seen des Salzkammergutes und die österreichische Traun. Mit 2 Tafeln, 7 Textfiguren, 47 Tabellen, und einem kleinen Atlas von 12 Tafeln. Wien, Ed. Hölzel, 1896.

Habenicht, H., Grundrifs einer exakten Schöpfungsgeschichte. Mit 7 Kartenbeilagen und 2 Text-Illustrationen. Wien, Hartlebens Verlag.

Hallervorden, Dr., Klinische Psychologie die Vorstufe der Psychohygiene. (Sonderabdruck.) Leipzig, Georg Thieme, 1896.

Hoffmann, C. F., Die Geschichte des Copierens. Halle a. S., W. Knapp, 1896.

Homén, Th., Über die Bodentemperatur in Mustiala. Berlin. Mayer u. Müller.

Hübner, Otto, Geographisch statistische Tabellen aller Länder. 45. Ausgabe für das Jahr 1896. Herausgegeben von Prof. Dr. v. Juraschek. Frankfurt a. M., Heinrich Keller, 1896.

Kalender 1897. Deutscher Tierschutzverein Berlin.

Kayser, E., Die Fauna des Dalmanitensandsteins von Kleinlinden b. Giefsen. Mit 5 Lichtdruck-Tafeln. Marburg, Ewertsche Verlagsbuchhandlung 1896.

Keilhack, Dr., Lehrbuch der praktischen Geologie, Arbeits- und Untersuchungsmethoden auf dem Gebiete der Geologie, Mineralogie und Palaeontologie, mit 2 Doppeltafeln und 232 Figuren im Text. Stuttgart, Ferd. Enke, 1896.

Kerntler, Fr., Die Elektrodynamischen Grundgesetze und das eigentliche Elementargesetz. Budapest, Buchdr. d. Pester Loyd-Gesellsch., 1897.

Lodge, S., Neueste Anschauungen über Elektrizität. Übersetzt von Anna von Helmholtz & Estelle du Bois-Reymond, herausgegeben durch Rich. Wachsmuth. Leipzig, J. A. Barth, 1896.

Maack, Dr. F., Die Weisheit von der Weltkraft. Eine Dynamosophie. Mit einem Vorwort über die Röntgen-Strahlen. Leipzig, Otto Weber.

Magnetic Observations at the United States Naval Observatory 1894, by C. C. Marsch, Lieut. U. S. Navy Washington, Government Printing Office, 1895.

Marth, A., Ephemeris for Physical Observations of Jupiter, 1896—97. Data for Computing the positions of the Satellites of Jupiter 1896—97. (Reprinted from the Monthly Notices of the Royal Astronom. Soc. Vol. LVI. No. 10.)

Niemann, A., Die photographische Ausrüstung des Forschungsreisenden mit besonderer Berücksichtigung der Tropen. Mit 21 Figuren. Berlin, Rob. Oppenheim, 1896.

Photographischer Notiz-Kalender für das Jahr 1897. Unter Mitwirkung von Dr. A. Miethe, herausgegeben von Dr. F. Stolze. Halle a. S., W. Knapp, 1897.

Pizzighelli, G., Anleitung zur Photographie. Mit 153 Holzschnitten. Halle a. S., Wilh. Knapp, 1897.

Pokornys Naturgeschichte des Mineralreiches für höhere Lehranstalten bearbeitet von Max Fischer. 17. verbesserte Anflage. Mit 197 Abbildungen und einer farbigen geologischen Karte. Leipzig, G. Freytag, 1895.

Publikationen der v. Kuffnerschen Sternwarte in Wien. Herausgegeben von Dr. Leo de Ball, IV. Band. Mit 9 Tafeln. Wien K. u. K. Hofbuchhandlung Wilhelm Frick, 1896.

Publications of the Leander Mc. Cormick Observatory of the University of Virginia. By Ormond Stone, Director. Vol. I Part. 7. Nebula of Orion, 1886—94. Charlottesville, 1896.

Riccò e G. Saya, Saggio di Meteorologia Dell' Etna. Roma 1896.

Sammlung elektrotechnischer Vorträge, I. Band, I. Heft. Prof. Voit, Der elektrische Lichtbogen. Mit 44 Abbildungen. Stuttgart, Ferd. Enke, 1896.

Schnitzer, Moritz, Die Sonnenwärme-Theorie. Ein Beitrag zur Erklärung der Entstehung und Entwicklung der Erde, Pflanzen, Tiere und Menschen, sowie die Begründung der Naturheilkunde und des Vegetarismus durch die Gesetze der Natur. Reichenberg, „Wohlfahrt" (J. Beranek).

Schultze, E., Das letzte Aufflackern der Alchemie in Deutschand vor 100 Jahren. Leipzig, Gg. Freund, 1897.

Schwippel, Dr. K., Die Erdrinde, Grundlinien der dynamischen, tektonischen und historischen Geologie. Mit 61 Holzschnitten. Wien, A. Pichlers Ww. & Sohn, 1897.

Spitteler, G., Der Gotthard. Frauenfeld, J. Huber, 1897.

Trabert, Dr. W., (Sammlung Göschen) Meteorologie. Mit 48 Abbildungen nnd Karten.

Ule, Dr. W., Lehrbuch der Erdkunde für höhere Schulen. II. Teil. Für die mittleren und oberen Klassen. Mit 12 farbigen und 79 Schwarzdruckabbildungen. Leipzig, G. Freytag, 1896.

Valentiner, Prof., Handwörterbuch der Astronomie. Mit Abbildungen. Lieferung 4—7. Breslau, Ed. Trewendt, 1896.

Valentiner, Dr. W., Veröffentlichungen der Grofsherzoglichen Sternwarte zu Karlsruhe. 15. Heft. Karlsruhe, G. Braunsche Hofbuchhdlg., 1896.

Veröffentlichungen der Königlich Bayrischen Kommission für die internationale Erdmessung. Astronomisch-Geodätische Arbeiten. Heft 1. München, G. Franz, 1896.

Le Verrier, N. U., Les Applications de l'électrolyse à la Métallurgie. Paris, Gautier-Villars et fils, 1896.

Vogt, J. G., Das Wesen der Elektrizität und des Magnetismus auf Grund eines einheitlichen Substanzbegriffes. Leipzig, Ernst Wiest Nachf., 1897.

Wahnschaffe, Dr. F., Unsere Heimat zur Eiszeit. Mit 4 Abbildungen. (Allgemein verständlicher Vortrag, gehalten in der Deutschen Gesellschaft für volkstümliche Naturkunde zu Berlin am 11. Februar u. i. d. Gewerbe-Ausstellung am 4. Juli 1896.)

Washington Observations for 1890. Appendix I, Catalogue of 16,748 Southern Stars from Gilliss' Zones. Washington, Government Printing Office, 1895.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.

Himmel und Erde
Gesellschaft Urania Berlin

Über die Wirkungen des Hochgebirges auf den menschlichen Organismus.

Von Prof. N. Zuntz und cand. med. L. Zuntz (Berlin).

Von Jahr zu Jahr hören wir von dem zunehmenden Besuch und der immer reicheren Ausgestaltung der Heilanstalten im Hochgebirge. Davos ist in wenigen Jahren aus einem bescheidenen Zufluchtsorte für einige Leidende eine der elegantesten Hotelstädte der Welt geworden. In ähnlicher Weise haben sich die berühmten Stationen des Engadins entwickelt, und in noch viel gröfserer Höhe haben die unternehmenden Amerikaner in den Andes und der Sierra Nevada ihre Health-resources errichtet. In dem Mafse, wie Tausende und Abertausende Heilung von nervösen und körperlichen Leiden im Hochgebirge suchen und in geeigneten Fällen auch finden, wächst das Interesse an den Einwirkungen des Gebirgsaufenthaltes auf unseren Organismus. Die segensreichen Wirkungen werden wir aber nur dann ganz verstehen und richtig ausnutzen können, wenn wir die Schädigungen, welche das Übermafs der Einwirkungen des Gebirgsaufenthaltes auf unseren Organismus hervorruft, studieren und auf ihre Ursachen zurückführen.

Diese Schädigungen kennen zu lernen, war der Neuzeit vorbehalten. Die Alten sahen die Berge nur als Hindernis des Verkehrs an, das man auf möglichst bequeme Weise, d. h. unter Benutzung der niedrigsten Pässe überschreiten müsse. So erreichten sie nie bedeutendere Höhen. Erst als die Spanier in Süd-Amerika gezwungen wurden, die Andenpässe, die in ihrer Mehrzahl unsere höchsten Alpenberge an Höhe übertreffen, zu überschreiten, hören wir zum ersten Mal von einer Bergkrankheit. Wirklich bekannt, viel besprochen und

untersucht wurde sie aber erst, als im Laufe unseres Jahrhunderts der Bergsport mehr und mehr in Aufnahme kam, als die anregungsbedürftige Menschheit allmählich erkannte, welchen Genufs, welche Befreiung von allen Mühen und Lasten des täglichen Lebens ein Aufenthalt in den hohen Bergen gewähren kann, besonders aber, als der sportliche Ehrgeiz eine Befriedigung im Besteigen immer höherer und schwierigerer Gipfel suchte. Die Schilderungen der Bergkrankheit, wie sie zahlreiche Autoren zum Teil in den lebhaftesten Farben uns darstellen, weichen in einzelnen Punkten nicht unerheblich von einander ab; im grofsen ganzen kann man sagen, dafs sie in ihren Erscheinungen aufserordentlich der Seekrankheit ähnelt. Kopfschmerzen, Flimmern vor den Augen, Schwindelgefühl, Übelkeit, Aufstofsen, Erbrechen sind ihre hauptsächlichsten Symptome. Wie bei der Seekrankheit fühlt sich der davon Betroffene vollständig zerschlagen, fast unfähig, einen Fufs vor den anderen zu setzen. Von viel gereisten Leuten, die beide Übel kannten, hörten wir, sie wüfsten nicht, welches schlimmer sei. Nur sei man auf dem Schiffe wenigstens nicht gezwungen, wie auf den Bergen, weiter zu klettern.

Selbstverständlich hatte man bald nach dem ersten Bekanntwerden dieser merkwürdigen Erscheinungen nach dem Grunde derselben geforscht. Die in den verschiedenen Weltgegenden von den Eingeborenen den Reisenden gegebenen Erklärungen, welche von letzteren teilweise als richtig acceptiert wurden, zeigen eine ganz merkwürdige Übereinstimmung. In den Anden, wie im Himalaya spielen giftige Ausdünstungen teils des Bodens selbst und der in ihm enthaltenen Metalle, teils giftiger Pflanzen eine wichtige Rolle. Der erste aber, der überhaupt eine Schilderung der Bergkrankheit als Krankheit gab, der darauf aufmerksam machte, dafs es sich hier nicht nur, wie die ersten Reisenden in den Anden glaubten, um eine Wirkung der Übermüdung, der Kälte und des Hungers, sondern um einen durch den Höhenaufenthalt erzeugten pathologischen Symptomkomplex handelt, der Jesuiten-Pater Acosta, der im Jahre 1590 in Sevilla ein Buch über seine Reisen in Süd-Amerika erscheinen liefs, begnügt sich nicht mit diesen Erklärungen. 300 Jahre vor Lavoisier und Priestley, ehe Torricelli noch das Licht der Welt erblickt hat, also ohne alle theoretischen Grundlagen, giebt er doch in voraussehendem Scharfsinn die noch heute giltige Erklärung, so weit sie eben mit den damaligen physikalischen Kenntnissen zu geben war, wenn er sagt: „Durch meine Erfahrung habe ich die Überzeugung gewonnen, dafs die Luft in diesen Höhen so dünn ist, dafs sie sich

nicht mehr der menschlichen Atmung anpaſst, welche sie dicker und wärmer verlangt." Und weiter: „Ich glaube, daſs das Leiden, welches man dort erduldet, von der Beschaffenheit der Luft, welche man einatmet, herrührt."

Heute, nach 400 Jahren, ist unsere Erklärung noch dieselbe. Seit den umfassenden, in der pneumatischen Glocke angestellten Untersuchungen über den Einfluſs der verdünnten Luft, die Paul Bert in seinem inhaltreichen Buche „La pression barométrique" niedergelegt hat, wird allgemein die mit der Höhe wachsende Luftverdünnung und als deren wirksamer Faktor die mit der Luftverdünnung proportionale Verminderung des Gehaltes derselben an Sauerstoff, dem für unser Leben allein notwendigen Bestandteil der Luft, für die Erscheinungen der Bergkrankheit verantwortlich gemacht. Bert zeigte, daſs, wenn der Luftdruck auf $^2/_3$ des normalen herabsinkt, eine erhebliche Verminderung des Sauerstoffgehaltes des arteriellen Blutes eintritt, und daſs diese Verminderung bei weiterer Abnahme des Luftdrucks eine mit der Fortdauer des Lebens nicht mehr verträgliche Grenze erreicht. Spätere Untersucher, Geppert und Fraenkel, haben das Wesentlichste der Angaben von Paul Bert bestätigt, nur zum Teil etwas andere Werte des Luftdrucks für die Grenze, bei welcher der Sauerstoffgehalt des Blutes unter die Norm sinkt, gefunden. Einen wichtigen Punkt hat Bert bei seinen Untersuchungen nicht in Betracht gezogen; das Verdienst, ihn zuerst untersucht zu haben, gebührt Loewy. Es ist dies der Einfluſs der Luftverdünnung auf die Arbeitsleistung. Wie oben schon erwähnt, spielt unter den Symptomen der Bergkrankheit die Unfähigkeit zu jeglicher Muskelarbeit eine nicht unwesentliche Rolle. Paul Bert macht selbst am Schlusse seines Werkes darauf aufmerksam, daſs wohl deshalb bei Bergsteigern die Bergkrankheit schon in so viel geringeren Höhen als bei Aëronauten auftritt, weil die ersteren zur Leistung der körperlichen Arbeit einen Mehraufwand an Sauerstoff benötigen, den ihre ohnehin schon bis aufs äuſserste angestrengten Lungen aus der verdünnten Luft nicht mehr aufnehmen können. Exakte Messungen darüber hat er aber nicht angestellt; es stammen vielmehr, wie erwähnt, die ersten Versuche über den Einfluſs der verdünnten Luft auf die Arbeitsfähigkeit und den Sauerstoffverbrauch für Leistung einer bestimmten Arbeit von Loewy. Ebenso wie Paul Bert machte derselbe seine Untersuchungen in geschlossenen Kammern, aus denen die Luft mit Hilfe passender Pumpen ausgesaugt wurde. Ehe wir auf seine Resultate eingehen, müssen wir kurz die Methoden, deren er

sich zu diesen Bestimmungen bediente, besprechen. Es schliefsen sich diese Methoden eng denjenigen an, die der eine von uns zur Messung des Stoffverbrauchs bei den gewöhnlichen Arbeitsleistungen des Menschen angewendet hat. Wie bekannt, braucht gerade so, wie jede andere Maschine, auch die menschliche zur Leistung ihrer Arbeit ein gewisses Betriebs- oder Brennmaterial. Was für die Lokomotive die Kohle, ist für den Menschen die aufgenommene Nahrung. Wie jene sich mit dem Sauerstoff der Luft verbindet, d. h. verbrennt, ein Prozefs, wobei Kohlensäure entsteht, so auch diese. Ein wesentlicher Unterschied allerdings besteht zwischen einer Dampfmaschine und der Einrichtung des menschlichen Organismus. Wenn wir die Dampfmaschine nicht gebrauchen, so heizen wir sie nicht und sie verbraucht nichts. Die menschliche Maschine aber kann nicht stille stehen — sie thut es nur einmal und dann für immer. Herzthätigkeit und Atmung stocken nie, fortwährend finden chemische Umsetzungen in jeder lebenden Zelle statt; der menschliche Organismus verbraucht daher dauernd erhebliche Mengen Sauerstoff. Derselbe wird uns durch die Inspiration zugeführt, mittels der Exspiration entfernen wir die im Körper gebildete, durch das Blut in die Lungen geführte und dort an die vorbeistreichende Luft abgegebene Kohlensäure aus dem Körper. Zur Ermittelung des Sauerstoffverbrauchs und der mit ihm parallel gehenden Kohlensäure-Ausscheidung durch die Lungen ist seit Lavoisiers bahnbrechenden Arbeiten eine grofse Mannigfaltigkeit von Apparaten angegeben worden. Wir beschreiben hier nur die Einrichtung, welche uns auch im Hochgebirge zum Studium der Atmung gedient hat.

Bei derselben wird von dem geringen Gasaustausch, welcher durch die Haut stattfindet, abgesehen, und nur die etwa 99% des gesamten Prozesses ausmachende Lungenatmung berücksichtigt. Zu diesem Behufe mifst man zunächst das Volumen der ausgeatmeten Luft, welches von dem der eingeatmeten nur sehr wenig abweicht: die Versuchsperson legt sich in bequemer Rückenlage hin, darauf wird die Nase zugeklemmt, so dafs sie nur durch den Mund atmen kann. Dieser wird ebenfalls durch eine zwischen Lippen und Zähne geschobene Kautschukplatte geschlossen. Die letztere ist aber durchbohrt und in die Bohröffnung ein Rohr eingefügt, das sich nach kurzem Verlaufe gabelt. Mittels in entgegengesetzter Richtung sich öffnender und schliefsender Ventile führt der eine Zweig der Gabel die einzuatmende Luft zu, der andere die ausgeatmete ab.

Die prozentuale Bestimmung des Sauerstoffs und der Kohlen-

säure in der ausgeatmeten Luft wird in dem Apparat, den die nebenstehende Figur 1 darstellt, vorgenommen. Derselbe gestattet das gleichzeitige Auffangen und Analysieren zweier Proben und damit eine gute

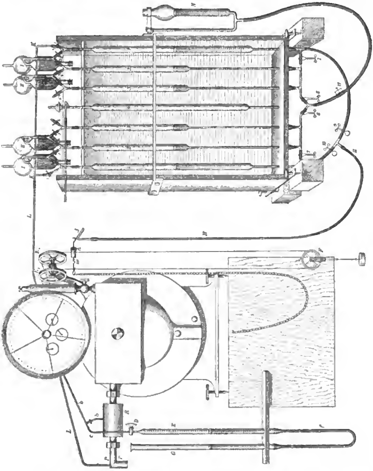


Fig. 1.

Kontrolle der gewonnenen Resultate. Die Röhren sind in einem Wassergefäſs, dessen vordere und hintere Wand durch Spiegelscheiben gebildet ist, aufgestellt, um ihre Temperatur möglichst gleichmäſsig zu erhalten. Während der Atmung führt die Röhre L aus dem in die

Gasuhr eintretenden Luftstrom bei geöffnetem Quetschhahn 1 einen Bruchteil der ausgeatmeten Luft in die Röhre 1. Derselbe wird dadurch zu einer genauen Durchschnittsprobe, dafs das Wasser, durch dessen Ausfliefsen für die eintretende Luft Platz geschaffen wird, aus einer Ausflufsspitze J ausläuft, die sich proportional den Umdrehungen der Gasuhr senkt. Es wird dies, nach einem von Geppert zuerst benutzten Prinzip, dadurch erreicht, dafs die Schnur, an welcher sie hängt, über eine auf die verlängerte Axe der Gasuhr aufgesetzte Scheibe geht. Nachdem die Menge des aufgefangenen Gases an der Teilung des Rohres 1 abgelesen, wird dasselbe durch Heben des Behälters N nach Öffnung der betreffenden Quetschhähne in die Pipette I getrieben. Dieselbe enthält Kalilauge und bindet daher die in der Luft enthaltene Kohlensäure. In Röhre 2, in die wir durch Senken von N die Luft jetzt leiten, lesen wir also die Menge der Luft, vermindert um ihren Kohlensäuregehalt, ab, kennen somit jetzt den Kohlensäuregehalt der ausgeatmeten Luft. In Pipette II, die Phosphor enthält, wird die Luft ihres Sauerstoffes beraubt, und in Rohr 3 lesen wir nun die Menge des Restes, der nur noch aus Stickstoff und dem für die Atmung ebenso indifferenten Argon besteht, ab. Die Differenz von Volumen 2 und 3 giebt uns die Menge des ausgeschiedenen Sauerstoffes, und diejenige zwischen letzterem und dem bekannten Sauerstoffgehalt der eingeatmeten normalen Luft den gesuchten Sauerstoffverbrauch. Da eine solche Analyse aber eine geraume Zeit dauert, so können sich infolge von Druck und Temperaturänderungen Fehler in unsere Ablesungen einschleichen. Um diese zu eliminieren, dient die Röhre 4. Dieselbe enthält eine abgeschlossene Quantität Luft, aus deren abgelesenen Volumenänderungen wir ohne weiteres auf die entsprechenden in den anderen Röhren schliefsen und dieselben in Rechnung stellen können.

Ganz ähnlich wie die eben beschriebenen Ruheversuche gestalten sich auch die Versuche zur Bestimmung des Sauerstoffverbrauchs für eine gemessene Arbeit. Dieselbe mufste womöglich ohne Ortsveränderung geleistet werden, da ja die Gasuhr feststeht. Das war bei Arbeit mit den Armen leicht. Dieselbe wurde durch Drehung eines gebremsten Rades, dessen jedesmalige Umdrehung einer bestimmten Anzahl von mkg entsprach, geleistet. Da aber diese Art Arbeit eine für die meisten Menschen ungewohnte ist, sollte auch das Gehen in das Bereich der Untersuchung gezogen werden. Der in Fig. 2 abgebildete Apparat ermöglichte auch für diesen Fall die feste Aufstellung der Mefsapparate. Eine in sich geschlossene Kette von hölzernen

Bohlen, die mittels Rollen auf einer Schiene laufen, wird durch das mit der Riemscheibe R auf einer Axe befindliche Zahnrad E umgetrieben. Mittels der Zahnetange I und des in eie eingreifenden Zahnrades H kann die ganze Bahn um den Balken O gedreht und ihr so eine horizontale Stellung oder eine beliebige Neigung nach aufwärts gegeben werden. Wird nun die Bahn bei horizontaler oder gering geneigter Einetellung durch Dampfkraft, bei etärkerer Neigung durch das Gewicht der auf ihr etehenden Versuchsperson in der Richtung

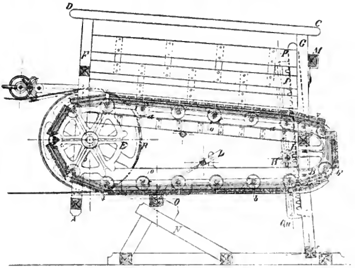


Fig. 2.

von links nach rechts fortbewegt, so ist letztere gezwungen, ebeneo viel in umgekehrter Richtung fortzuschreiten, um nicht von der Bahn herabgeworfen zu werden. Den auf diese Weise zurückgelegten Weg ergiebt die an einem auf der Axe des Zahnrades befestigten Tourenzähler abgeleeene Zahl der Umdrehungen. Um nun mit den bei anderer Arbeit — etwa der Dreharbeit — gewonnenen Werten vergleichbare Reeultate zu erhalten, gilt es echliefslich noch, die Geharbeit in mkg auezudrücken. Für die horizontale Fortbewegung ist dies nicht ohne weiteres möglich, da wir die dabei geleietete Arbeit nur eohwer und ungeneu mechanisch auswerten können. Wir müseen une hier damit begnügen zu ermitteln, wieviel Sauerstoff zur

Fortbewegung eines Menschen oder, um besser untereinander vergleichbare Werte zu haben, von 1 kg Körpermasse um 1 m gehört. Anders bei der Steigarbeit; hier ergiebt uns die Multiplikation des gehobenen Gewichtes der Versuchsperson, der Weglänge und des Sinus des Steigungswinkel ohne weiteres die geleistete Arbeit in mkg. Selbstverständlich müssen wir von dem für die gesamte Versuchszeit gefundenen Sauerstoffverbrauch einmal die während dieser Zeit für Körperruhe nötige Sauerstoffmenge und ferner die bei horizontalem Marsche für dieselbe Weglänge gefundene Zahl abziehen. Dann ergiebt die Division des Restes durch die Zahl der mkg genau den Sauerstoffverbrauch für 1 mkg geleistete Arbeit.

Mittels dieser Methode sind nun im Laufe der letzten Jahre eine grofse Anzahl von Versuchsreihen angestellt worden, die ungefähr folgende Durchschnittswerte ergeben haben. Ein mittelstarker Mann verbraucht in der Ruhe pro Minute etwa 225 cm^3 Sauerstoff. Für die horizontale Fortbewegung um 1 m ergiebt sich ein Wert, der individuell schwankt zwischen 0,10—0,15 cm^3 Sauerstoff pro Kilo Körpergewicht. Zur Leistung von 1 mkg Arbeit sind, je nach der Art der Arbeit etwas verschiedene Sauerstoffmengen nötig und zwar beim Raddreben ca. 2 cm^3, bei mäfsigem Steigen 1,3—1,5 cm^3, bei stärkeren Steigungen (30—60 %) 1,6—1,8 cm^3. Bei verschiedenen Individuen schwanken diese Werte nur in geringem Mafse, und sie scheinen sogar für verschiedene Tierspezies nur geringe Änderungen zu erleiden. Wenigstens haben zahlreiche Versuche am Pferde und am Hunde fast genau denselben Wert ergeben wie beim Menschen. Wie bei der Betrachtung einer Dampfmaschine haben wir auch bei den Leistungen der menschlichen Muskulatur nach dem Nutzeffekte, d. h. dem Verhältnisse zwischen verbrauchtem Brennmaterial und geleisteter Arbeit zu fragen; auch hierauf werfen unsere Versuche ein klares Licht. Die bei der Analyse gewonnenen Zahlen für Sauerstoffverbrauch und Kohlensäure-Ausscheidung gestatten, da die Verbrennungswärme der Nährstoffe und ihr Sauerstoffverbrauch bekannt ist, eine Berechnung des Heizwertes der zersetzten Substanzen in Calorien. Bekanntlich ist eine Calorie aequivalent 425 mkg, man kann also den Energiewert des durch den Respirationsversuch ermittelten Stoffumsatzes in mechanischem Mafs ausdrücken; das Verhältnis dieses Wertes zu der thatsächlich geleisteten Arbeit stellt den Nutzeffekt dar. Derselbe beträgt bei der Steigarbeit des Menschen etwa 35 %, während er bekanntlich bei Dampfmaschinen nur 4—8 %, bei bestkonstruierten Gasmotoren einige 20 % beträgt.

Unter Zugrundelegung dieser Normalwerte machte es sich Loewy zur Aufgabe, den Einflufs der verdünnten Luft auf die Respiration und den Stoffverbrauch in einer pneumatischen Kammer zu prüfen. Für die Arbeitsversuche kam hierbei wegen des beschränkten Raumes nur die Dreharbeit in Betracht. Er fand nun, dafs bis zu einer Herabsetzung des Luftdruckes auf etwa 450 mm — entsprechend einer Berghöhe von 4200 m — Atemmechanik und Gaswechsel vollständig ungeändert bleiben. Bei noch weiter gehender Verdünnung aber treten, gleichzeitig mit oft sehr schweren subjektiven Erscheinungen, Veränderungen beider ein. Die Atemgröfse sowohl bei Ruhe wie bei Arbeit steigert sich und ebenso die Kohlensäure-Ausscheidung, ohne dafs jedoch der Sauerstoffverbrauch ein vermehrter wird.

Diese einseitige Vermehrung der Kohlensäure-Ausscheidung erinnert an die sogenannte Anaërobiose, des Leben vieler niederer Organismen ohne atmosphärischen Sauerstoff. Die für die Lebensprozesse nötige Energie wird hierbei durch Spaltung sauerstoffreicher organischer Verbindungen unter Bildung von Kohlensäure und einfacheren organischen Verbindungen erzeugt; das bekannteste Beispiel hierfür ist die Alkoholgährung des Zuckers. Dafs der Muskel auf ähnliche Weise die zu seinen mechanischen Leistungen erforderliche Energie gewinnen kann, beweist das Zucken ausgeschnittener Froschmuskeln in sauerstofffreien Gasgemischen; evidenter noch geht es aus jenen Versuchen Pflügers hervor, in welchen er bei niederer Temperatur Frösche, deren Körper sicher kein Atom Sauerstoff mehr enthielt, stundenlang in reinem Stickstoff sich bewegen sah.

Auffallend war bei Loewys Versuchen, dafs der Beginn der oben erwähnten subjektiven wie objektiven Erscheinungen bei den verschiedenen Versuchspersonen bei einem sehr verschiedenen Verdünnungsgrade eintrat. Loewy fand für diese individuellen Verschiedenheiten eine durchaus genügende Erklärung in der Verschiedenheit des Atemtypus. Von der ganzen eingeatmeten Luft geht nämlich für die Atmung, d. h. für den Gasaustausch mit dem Blut in den Lungenbläschen, diejenige Menge von etwa 140 cm³ verloren, welche den Raum zwischen letzteren und dem Munde ausfüllt. Je flacher nun die Atmung ist, einen um so gröfseren Bruchteil der gesamten inspirierten Luft macht die in diesem sogenannten schädlichen Raume enthaltene aus, um so tiefer sinkt die Sauerstoffspannung in den Lungenbläschen unter diejenige der umgebenden Luft.

Diese Erkenntnis erklärt uns auch eine weitere merkwürdige von Loewy beobachtete Thatsache. Dasjenige seiner Versuchsindi-

viduen, das die flachste Atmung hatte und entsprechend am frühesten unter Sauerstoffmangel zu leiden begann, konnte bei nicht allzu schwerer Arbeit eine bedeutendere Verdünnung ertragen als in der Ruhe. Es erklärt sich das so, dafs bei der Arbeit die Atmung vertieft und damit die Sauerstoffspannung in den Lungenbläschen erhöht wurde. Ähnliche Beobachtungen finden wir in den Berichten vieler Hochgebirgsreisenden. Häufig ist ja die hervorstechendste Klage die Unfähigkeit zu jeder Arbeit. In vielen Berichten aber findet sich die Angabe, dafs gerade während der Ruhe die Beschwerden sich steigerten, dafs „die nächtlichen Stunden die gröfsten Beklemmungen hervorrufen und die Zeit eines wahren Martyriums seien."

Die im pneumatischen Kabinet gewonnenen Resultate ohne weiteres als auch für das Hochgebirge giltig zu betrachten, verbot schon die Erwägung, dafs die dort neben der Luftverdünnung wirksamen anderen Faktoren, wie Wind, Kälte, intensive Beleuchtung auf den Gletschern sicherlich nicht ohne Einflufs auf die Gestaltung der Atmung und des ganzen Stoffwechsels sind; aber auch ein Blick auf die Versuchsresultate selbst zeigt sofort, dafs die Luftverdünnung allein zur Erklärung der Bergkrankheit nicht ausreicht. Während nämlich die Erscheinungen der Bergkrankheit sich z. B. wohl bei jedem Besteiger des Mont Blanc, d. h. in 4800 m Höhe in intensiver Weise geltend machen, in leichterem Grade fast jeden, der zuerst eine Höhe von 4000 m überschreitet, befallen, konnte Loewy bis zu einer Luftverdünnung entsprechend 5500 m heruntergehen, ehe sich die ersten Zeichen des beginnenden Sauerstoffmangels einstellten, und selbst ein Heruntergehen auf 6100 m gestaltete die Beschwerden noch keineswegs unerträglich. Darin lag geradezu eine Aufforderung, nun noch dieselben umfassenden Versuche, wie sie schon in der verdünnten Luft der pneumatischen Kammer vorgenommen wurden, auch im Hochgebirge selbst anzustellen.

Die erste Expedition zu diesem Zwecke unternahm im Sommer 1895 N. Zuntz in Gemeinschaft mit Stabsarzt Schumburg, eine zweite im Sommer 1896 Dr. Ad. Loewy mit seinem Bruder und L. Zuntz. Bei den letztgenannten wurden, um ohne weiteres vergleichbare Werte zu erhalten, nicht nur wie selbstverständlich die Werte bei normalem Luftdruck in Berlin ermittelt, sondern auch eine grofse Versuchsreihe im pneumatischen Kabinet angestellt.

Eine Schwierigkeit für die Hochgebirgsversuche, die nicht ohne weiteres zu überwinden war, lag in der Art der vorhin beschriebenen Apparate, die teils zu schwer zum Transport, teils zu zerbrechlich für

die Reise waren. An Stelle der schweren feuchten Gasuhr trat eine sogenannte trockene, deren Mefsraum aus die eintretende Luft aufnehmenden und dann sich wieder entleerenden Lederbalgen besteht, welche durch ein geeignetes Hebelwerk die Zeiger in Bewegung setzen.

Der Gasmesser wog nur 7 kg und konnte nach Art eines Tornisters mit Lederriemen auf den Rücken geschnallt werden. Zur



Fig. 3. Marschversuch im Gebirge.

Vermeidung allzu jäher Temperaturdifferenzen infolge der Sonnenstrahlung war derselbe mit dickem grauem Fliesstoff überzogen. Fig. 3 zeigt die beiden Brüder Loewy, den einen als Versuchsobjekt, den anderen damit beschäftigt, alles für den gleich beginnenden Versuch in Ordnung zu bringen. Die Versuchsperson hat die Nase schon durch die Klemme geschlossen und den Ventilapparat in den Mund genommen. Der Bruder ist beschäftigt, die Röhre, in welcher die zur Analyse bestimmte Luftprobe aufgefangen wird, und deren unteres Ende wir hinter der Gasuhr hervorragen sehen, an derselben zu befestigen. Auch hier ist für ein der ausgeatmeten Gasmenge proportionales Ausfliefsen des Wassers aus der Auffangeröhre gesorgt.

Auf die nach oben verlängerte Axe des Gasmessers ist ein mit dieser sich drehendes Röllchen aufgesteckt. Eine von ihm sich abwickelnde durch ein unten in der Figur sichtbares Gewicht gespannte Schnur senkt die daran aufgehängte Auslaufspitze proportional den Umdrehungen des Gasmessers.

Um sich nicht durch das ausfliefsende saure Wasser die kostbaren Beinkleider — die einzigen ihrer Art, da das grofse wissenschaftliche Gepäck das Mitnehmen reichlicherer Garderobe unmöglich machte — zu verderben, trug das Versuchsindividuum eine blau- und weifskarrierte Küchenschürze hinterrücks umgebunden, wohl geeignet im Verein mit dem ganzen übrigen Habitus, die vorübergehenden Touristen und Führer zum kopfschüttelnden Betrachten der merkwürdigen Erscheinung zu veranlassen.

Die Expedition verfügte über zehn der erwähnten wechselbaren Auffangeröhren; zehn Versuche konnten also hintereinander angestellt werden. Dann ging es in das jeweilige Laboratorium, wo die Analysenapparate der zu untersuchenden Luft warteten. Einen ungefähren Begriff, wie es in einem solchen improvisierten Gebirgshütten-Laboratorium aussah, giebt die Fig. 4, die den einzigen heizbaren und daher als Laboratorium allein verwendbaren Raum der Capanna Gnifetti in 3600 m am Südfufse des Monte Rosa, der zweiten Versuchsstation der letztjährigen Expedition, zeigt.

Ehe wir uns aber denselben etwas genauer ansehen, sei uns eine kurze Schilderung der Örtlichkeiten gestattet, an denen die Versuche angestellt wurden. Die erste Expedition begann ihre Arbeiten in Zermatt, der bekannten Touristenstation am Fufse des Matterhorns in 1632 m Höhe; das Titelbild zu der Matterhorn-Schilderung von Prof. Lendenfeld im Februarhefte dieses Jahrganges charakterisiert sehr schön diesen Ort. Von Zermatt ging es zur Bétempshütte in etwa 2800 m. Dieselbe liegt auf dem unteren Plattje, einer kleinen Felsinsel inmitten des vom Mt. Rosa herabkommenden gleichnamigen Gletschers, der sich etwas weiter unterhalb mit dem Gorner Gletscher vereinigt. Die Hütte ist bewirtschaftet, sodafs für eine wenn auch unvollkommene Verpflegung gesorgt war. Die Dachkammer des Hüttenwartes, die derselbe eingeräumt hatte, diente den beiden Experimentatoren als Versuchslaboratorium und gleichzeitig als Schlafkammer. Mittels des durch die Kammer gehenden Abzugrohres des parterre befindlichen Kochherdes war es auch möglich, die Temperatur immer auf die zur Absorption des Sauerstoffs durch den Phosphor nötige Höhe zu bringen. Schliefslich wurden eine geringe Zahl von Ver-

suchen auf der unteren Sattelsohle des Mt. Rosa auf dem Wege zur Spitze desselben in etwa 3800 m Höhe angestellt. Hier zeigte sich eklatant, dafs die Verhältnisse des Hochgebirges doch noch anderer Art sind als die in der pneumatischen Kammer. N. Zuntz, der im Kabinet eine Druckerniedrigung entsprechend 6100 m fast ohne Beschwerden ertragen und bei derselben gut hatte arbeiten können, war hier nicht mehr im stande, einen Steigversuch an sich anzustellen. Es ist



Fig. 4. **Hüttenlaboratorium Cap. Gnifetti.**

aber auch der vom oberen Plattje steil ansteigende, ein gleichförmiges Klettern ohne Anregung bedingende Monte Rosa-Gletscher allen Zermatter Bergführern als eine Stelle bekannt, auf der viele Reisende den Erscheinungen der Bergkrankheit anheimfallen, die nach Erreichung höherer Regionen, wo durch weite Ausblicke, durch wechselnde Beschaffenheit des Terrains die Wanderung interessanter wird, wieder schwinden.

Die letztjährige Expedition wählte, hauptsächlich auf den Rat des Turiner Physiologen Mosso, der selbst Versuche über die Einwirkung des Hochgebirges, auf die wir noch kommen, angestellt hat, die Südseite des Monte Rosa zum Felde ihrer Untersuchung, weil dort

gröfsere Höhen als auf der Nordseite sich bequem erreichen lassen. Die erste Station war das in 3000 m Höhe gelegene Hotel auf dem Col d'Olen, dem von Gressoney im Lysthal nacb Alagna im Val Sesia führenden Pafs. Wir fanden hier ein unerwartet grofses und komfortabel eingeriobtetes Hotel mit einer Verpflegung, die in Anbetracht der Höhe und des Umstandes, dafs alle Lebensmittel mit dem Maultier von Alagna 4 Stunden weit heraufgescbleppt werden müssen, geradezu brillant genannt werden darf.

Um so empfindlicber mufste uns der Unterscbied berühren, als wir auf der nächsten Station, der unbewirtschafteten Capanna Gnifetti selbst für unsere Verpflegung einstehen mufsten. Figur 5 zeigt die letztjährige Expedition am Rande des Indren Gletschers auf dem Wege zur Hütte rastend. Sie giebt einen Begriff davon, wie sebr durcb die Menge des in Körben und Kisten verpackten wissenschaftlicben Gepäcks die Reise erschwert wurde. Zwei Träger und der Fübrer waren, obgleich wir unsere Rucksäcke selbst trugen, kaum im stande, dasselbe zu transportieren. Die Hütte liegt in 3600 m auf dem Indren Gletscher, auf dem Wege zu den verschiedenen, von der Südseite aus zu besteigenden Spitzen des Mt. Rosa. Gerade im vorigen Jahr vergröfsert und infolge des berrschenden schlechten Wetters wenig besucht, bot sie den drei Reisenden reichlich Platz. Sie besteht aus zwei Scblafräumen, die mit Pritschen und Decken versehen sind, einem nicbt heizbaren und einem heizbaren Wohnraum. Da, wie gesagt, die Hütte unbewirtschaftet war, so mufste die Expedition eelbst für Heizmaterial und Lebensmittel sorgen. Durch die freundliche Vermittlung des Prof. Moseo, der eich in Gressoney aufhielt, wurden die nötigen Vorräte mit dem Maultier, eoweit der Weg für dieses gangbar war, transportiert. Nach Beendigung des fünfstündigen, durcb die Scbneeverhältnisse aufserordentlicb erschwerten Aufstiegs von Col d'Olen, bei welcbem jeder Führer etwa 25 kg getragen hatte, stiegen diese Männer wieder 600 m herab, um, ohne Pause, mit je 25 kg Proviant und Brennmaterial beladen, wieder zur Hütte aufzusteigen. Auch jetzt nocb zeigten sie sicb arbeitslustig, sicberlicb ein Beweis, dafs diesen Männern die Luftverdünnung ibre Leistungsfäbigkeit nocb in keinem Mafse beeinträchtigte. Unser Führer blieb während des ganzen 6tägigen Hüttenaufenthaltes bei uns und sorgte in wirklich bewundernswürdiger Weise für unser Wohl. Trotzdem aber konnte er nicbt verhindern, dafs das Brot täglich älter und härter wurde, und dafs abwechselnd Kraftbrübe mit Fleisch und Fleiscb mit Kraftbrühe unsere Hauptnahrung bildete.

Als letzte Versuchsstation sollte die auf einer der Spitzen des Mt. Rosa, der Signalkuppe oder Pta. Gnifetti, in 4560 m Höhe vom italienischen Alpenklub errichtete Capanna Reghina Margherita dienen. Es ist dies neben dem Observatorium auf dem Mt. Blanc der höchste menschliche Aufenthaltsort in Europa und schon mehrfach, speziell von Mosso, zu wissenschaftlichen Untersuchungen benutzt worden. In weit höherem Mafse wird dies noch der Fall sein, wenn die in



Fig. 5. **Rast auf dem Indrengletscher.**

ihren Raumverhältnissen ziemlich beschränkte Hütte zu einem Observatorium ausgebaut sein wird, ein Plan, dessen Ausführung schon in diesem Jahre beginnen soll, und zu dem die Königin von Italien, eine begeisterte Freundin des Hochgebirges, eine grofse Geldsumme beigesteuert hat. Hier also sollte die letzte Versuchsreihe angestellt werden. Aber schon beim Aufstieg zur Cap. Gnifetti hatte sich herausgestellt, dafs nur der eine von den drei Expeditionsmitgliedern, L. Zuntz, im stande sein würde, die nicht ganz unerheblichen Schwierigkeiten und Anstrengungen zu überwinden, vor allem aber die nötige Schwindelfreiheit zur Ersteigung der Spitze besitze.

„Ich sollte also allein mit einem Führer und Träger hinaufsteigen,

und, da Steigversuche ohne einen zweiten anzustellen unmöglich ist, eine Anzahl von Ruheversuchen an mir machen. Nachdem am ersten Morgen ein heftiger Schneesturm den Aufstieg unmöglich gemacht hatte, wurde am Morgen des zweiten Tages bei immer noch starkem Wind, aber klarem Himmel um 6 Uhr der Marsch begonnen. Frisch und in ziemlich raschem Tempo ging es über den Lysgletscher unter häufigem tiefen Einsinken in den frisch gefallenen Schnee zur Paſshöhe des Lysjoches zwischen Lyskamm und Vincentspitze in 4100 m. Hier öffnet sich zuerst der Blick auf die gewaltigen Bergriesen Zermatts, und rückwärts schweift er über die ganze Kette der Westalpen vom Mt. Blanc bis zum Col di Tenda. Nachdem wir uns kurze Zeit an dem herrlichen Bilde erfreut, ging es im alten Tempo weiter, entlang traversierend an den steilen Abhängen der Parrotspitze, unter fortwährendem Einsinken in den tiefen Schnee oft bis an die Hüften. Aber bald wurde das Tempo mir zu schnell, jeden Augenblick muſste ich dem Führer zurufen: „Bieler, nicht so schnell, bitte etwas langsamer.“ Immer häufiger muſste Halt gemacht werden, schlieſslich konnte ich nicht mehr als 20—30 Schritte hintereinander machen; dann warf ich mich in den Schnee. Nach einer Rast von einer halben Minute glaubte ich wieder ganz frisch zu sein, und doch, nach 20 Schritten wieder dieselbe absolute Unfähigkeit, weiter zu gehen. Dazu kamen noch leichte Kopfschmerzen, sonst aber keines der für die Bergkrankheit als charakteristisch beschriebenen Symptome. Merkwürdigerweise verschwand die Müdigkeit und das Unbehagen vollständig nach einer gründlichen Darmentleerung. Im alten Tempo konnte jetzt weiter marschiert werden, und daſs die groſse Müdigkeit nur eine kurze Zeit dauerte, geht daraus hervor, daſs trotz der ungünstigen Schneeverhältnisse und des starken Sturmes, der uns zeitweise zwang, uns gegen die Felswand zu drücken, um nicht heruntergeweht zu werden, der Aufstieg in 3 Stunden 40 Minuten bewerkstelligt wurde, während gewöhnlich $4^1/_2$ — 5 Stunden gerechnet werden. Während des ganzen 4stündigen Aufenthaltes auf der Spitze und während des ohne jedes Anstrengungsgefühl in $1^1/_2$ Stunden ausgeführten Abstiegs machten sich nicht die leisesten Beschwerden bemerkbar.“

Diese Beobachtung ist recht geeignet zur Charakterisierung der Bergkrankheit. Es ist bekannt, daſs stärkere Darmbeschwerden oft eine groſse Schwäche mit sich führen; hier im Hochgebirge ist aber anscheinend die Erregbarkeit eine derartig groſse, daſs eine ganz leichte, kaum zum Bewuſstsein gekommene und schnell gehobene Störung schon zu recht schweren Erscheinungen Anlaſs gab. Ganz

ähnliche Erfahrungen über den Zusammenhang der Schwächeempfindungen mit leichter Darmreizung hatte N. Zuntz beim Aufstieg an der Nordseite des Mt. Rosa in 3800 m Höhe gemacht.

Kehren wir nach dieser Abschweifung zu unserer Figur 4 und der Betrachtung der Analysenapparate zurück. Es waren deren zwei mitgenommen, um eine möglichst schnelle Verarbeitung der gewonnenen Luftproben zu ermöglichen. Der Apparat weicht, wie man sieht, von dem vorher beschriebenen nicht wesentlich ab. Nur fehlt der Wassermantel; die dadurch entstehende Ungenauigkeit mufste durch möglichst zahlreiche Ablesungen kompensiert werden. Die zwischen beiden Apparaten aufgehängte U-Röhre mit Gummischlauch dient dazu, die Luft, nachdem ihr Volumen in der kalibrierten Auffangeröhre abgelesen ist, in die Pipette mit Kalilauge, die sich, wie man sieht, in einem eisernen Behälter zu gröfserer Sicherheit auf dem Transport befindet, überzutreiben. Dann geht die Analyse in der früher beschriebenen Weise weiter.

Während die Ruheversuche in genau derselben Weise vorgenommen werden konnten, wie in Berlin, erforderten die Steigversuche natürlich besondere Mafsnahmen. Einmal war es, besonders bei den ungünstigen Witterungsverhältnissen des letzten Jahres, nicht immer ganz leicht, eine passende Bahn zu finden. Der Weg sollte nicht schlüpfrig, mufste möglichst gleichmäfsig und nicht zu stark steigend sein; auf dem Gletscher mufste der Schnee die richtige Konsistenz haben, um einerseits Einsinken, andrerseits Ausgleiten zu verhüten. Nur bei Benutzung eines allen Anforderungen entsprechenden Weges war an eine Vergleichbarkeit der Resultate mit den in Berlin gefundenen zu denken. War eine Bahn, die allen Anforderungen entsprach, gefunden, so galt es Länge und Steigung derselben genau zu messen, um die geleistete kilogrammetrische Arbeit berechnen zu können. Das erstere geschah mittels einer Mefsleine in einfachster Weise. Zur Bestimmung der Steigung diente ein Instrument, zu dessen Anwendung zwei Personen gehörten. Dasselbe besteht aus einer Wasserwage in Gestalt einer U-förmig gebogenen Glasröhre, in welcher sich eine gefärbte Flüssigkeit befindet. Der eine Beobachter, am Anfange der Bahn stehend, läfst den zweiten auf derselben so lange aufwärts steigen, bis er, über die Wasserwage hin visierend, die Fufsspitze des anderen sieht. Die von diesem erstiegene Höhe ist dann gleich der Höhe des ersten von den Fufsspitzen bis zu den Augen. Indem der erste dann auf den Platz des zweiten tritt, und die

gleiche Prozedur wiederholt wird, kann in wenigen Minuten eine genügend lange Wegstrecke ausnivelliert werden.

Nachdem wir so die angewandten Methoden erläutert, können wir dazu übergehen, die Resultate, die mit ihrer Hülfe gewonnen wurden, etwas näher zu betrachten. Da ist zunächst im allgemeinen zu bemerken, dafs nicht, wie man bei der Luftverdünnung und der Verminderung des Sauerstoffgehaltes im Hochgebirge annehmen könnte, eine Verminderung, sondern im Gegenteil bei Ruhe wie bei Arbeit eine deutliche, mit zunehmender Höhe wachsende Vermehrung des Sauerstoffverbrauchs eintritt. Einige kurze Tabellen werden dies ohne weiteres klar stellen. Die erste giebt uns den Sauerstoffverbrauch der fünf an den beiden Expeditionen beteiligten Personen in der Ruhe pro Minute an.

Meereshöhe	S.	N. Z.	A. L.	J. L.	L. Z.
40 m	228 cm^3	242 cm^3	185	187	239
1630 m	236	219	—	—	—
2800—3000 m	243	246	198	225	291
3600—3800 m	285	266	213	287	268
4560 m					430

Die Tabelle zeigt das eben Gesagte auf den ersten Blick. Besonders auffallend ist der enorme Wert von 430 cm^3, welchen L. Zuntz an sich auf der Cap. Margherita beobachtete. Er stellt das Mittel aus zwei Versuchen dar, die nach einem 3stündigen ruhigen Aufenthalt, also zu einer Zeit angestellt wurden, als von einer Erregung infolge des Aufstieges füglich nicht mehr die Rede sein konnte. Zwei andere Versuche, die bald nach der Ankunft angestellt wurden, und deren Resultate vielleicht noch unter dem Einflufs der Anstrengung stehen, ergeben den noch viel höheren Wert von 560 cm^3. Dafs man überhaupt die Ermüdung zur Erklärung dieser hohen im Gebirge gefundenen Werte nicht heranziehen kann — selbst wenn die Versuche nach anstrengenden Märschen gemacht wären —, dafür liefert den Beweis eine Versuchsreihe, welche N. Zuntz und Schumburg an marschierenden Soldaten angestellt haben. Die Ruhewerte derselben wurden einmal morgens nach der Nachtruhe und dann unmittelbar nach der Rückkunft von 5stündigen Märschen mit schwerem Gepäck bestimmt, die infolge der Belastung und der oft sehr hohen Sommertemperatur mehrfach fast vollständige Erschöpfung herbeigeführt hatten. Es ergaben sich keine irgendwie erheblichen Differenzen. Wenn also bei unseren Bestimmungen im Gebirge regelmäfsig am Schlufs eines

mehrtägigen ruhigen Aufenthaltes in bestimmter Höhe ein Absinken des Ruheverbrauchs zu konstatieren ist, so können wir dasselbe nicht durch ein allmähliches Verschwinden der durch den einmaligen Aufstieg bedingten Ermüdung erklären; wir sehen vielmehr hierin einen Effekt der Gewöhnung an die Einflüsse des Hochgebirges. Einen interessanten Einblick in diese Verhältnisse gestatten die Untersuchungen U. Mossos, der an einer Reihe von Bergsoldaten, die, aus den Kindern des Hochgebirges sich rekrutierend, in beständigem Bergsteigen trainiert werden, eine gröfsere Versuchsreihe machte, bei der er die Kohlensäureausscheidung bestimmte. Er fand dieselbe, von Gressoney im Laufe von vier Wochen in verschiedenen Stationen bis zur Punta Gnifetti aufsteigend, bei keinem seiner drei Versuchsindividuen vermehrt, sicherlich weil dieselben an den Aufenthalt in den Höhen gewöhnt waren, und weil sie erst nach vielen Zwischenstationen die Höhe von 4560 m erreichten.

Neben dem Chemismus der Atmung erfordert auch noch die Atemmechanik unsere Aufmerksamkeit. Dieselbe erfüllt bekanntlich in denkbar vollkommenster Weise, auf Grundlage von nervösen Erregungen, alle an sie gestellten Anforderungen. Automatisch, ohne unsern Willen, verändert sich die Atemtiefe bei der geringsten Arbeit, entsprechend dem dadurch bedingten Mehrverbrauch an Sauerstoff. So ist es selbstverständlich, dafs mit der Erhöhung des Sauerstoffverbrauchs im Hochgebirge auch die Menge der eingeatmeten Luft wächst. Dieses Wachstum ist aber ein derartiges, dafs es den Mehrbedarf an Sauerstoff sogar überkompensiert, dafs also die Ventilation im Hochgebirge eine reichlichere ist, wie in der Ebene. An die Leistungen des Respirationsapparates werden also erhöhte Anforderungen gestellt. Auffallend erscheint dem gegenüber eine Thatsache, welche schon im pneumatischen Kabinet beobachtet worden war und sich nun im Gebirge speziell bei S. und Z. bestätigte. Es ist dies die Verminderung der sogenannten Vitalcapacität, d. h. der gröfstmöglichen mit einem Atemzuge ein- und ausgeatmeten Luftmenge. Die Vitalcapacität ist eine individuell verschiedene, für den einzelnen Menschen unter gleichen Bedingungen aber sehr konstante Gröfse. Es liegt nahe, die Abnahme derselben auf Ermüdung der Atemmuskulatur zurückzuführen, und dafs dieselbe dabei eine erhebliche Rolle spielt, hatten S. und Z. an ihren marschierenden Soldaten unzweifelhaft konstatieren können. Sie fanden nach der Rückkehr von den anstrengenden Märschen stets eine deutliche Verminderuug. Zur Erklärung der von A. L., J. L. und L. Z. an sich beobachteten Verminderung

nach den Aufstiegen von Gressoney nach Col d'Olen und von dort zur Cap. Gnifetti würde die Ermüdung auch wohl vollständig genügen; ebenso die Beobachtung an einem Hochtouristen, dessen Vitalcapacität S. und Z. vor dem Aufstieg auf den Mt. Rosa zu 3200, nach der Rückkehr von dort zu 2700 cm^3 bestimmten. Dagegen erklärt der Einflufs der Ermüdung nicht die beobachtete Verminderung in der pneumatischen Glocke und ebeneowenig die Differenz, die S. und Z. in der Gröfse ihrer Vitalcapacität zwischen Berlin und Zermatt beobachteten, obwohl sie letzteres ohne jede Anstrengung per Eisenbahn erreichten. Hier können wir als plausibelsten Grund den betrachten, dafs infolge der Luftverdünnung sich die in den Därmen enthaltenen Gase entsprechend ausdehnen, dadurch das Zwerchfell am Tiefertreten hindern und die gröfstmögliche Excursion desselben und damit die sonst beobachtete gröfste Atemtiefe nicht zulassen.

Mit dieser Erklärung harmoniert die schnelle Wiederherstellung der normalen Vitalcapacität bei längerem Verweilen in derselben Höhe. — Man wird von vorne herein erwarten müssen, dafs der dauernde Aufenthalt im Hochgebirge, vor allem aber das Gewerbe des Bergführers mit den oft excessiven Beanspruchungen des Atemapparates die Vitalcapacität zu steigern geeignet ist. In der That beobachteten wir bei zwei Führern, die noch nicht einmal durch auffallende Entwicklung der Brust sich auszeichneten, in der Bétemps-Hütte Werte der Vitalcapacität, wie sie im Flachlande kaum vorkommen dürften (über 5 Liter).

Ebenso wie die Ruheversuche, wollen wir nun auch die Arbeitsversuche an der Hand einer kleinen Tabelle betrachten, die für jede der Versuchspersonen den Sauerstoffverbrauch pro kg Körpergewicht und mkg Arbeit enthält.

	Z.	N. Z.	A. L.	J. L.	L. Z.
40 m	1,73 cm^3	1,73 cm^3	1,54 cm^3	1,45 cm^3	1,39 cm^3
2800—3000 m	2,10	2,34	1,68	1,72	1,88
3600—3800 m	2,61	—	1,86	1,90	1,76

Auch hier zeigt sich ganz konstant die mit der Höhe wachsende Zunahme des Sauerstoffverbrauchs. Nur bei L. Z. tritt auf der letzten Station der Einflufs der Gewöhnung schon so stark hervor, dafs er die durch die Höhenzunahme bedingte Steigerung übertrifft und eine Abnahme des Verbrauchs gegenüber der nächst niederen Station bedingt, wobei er aber immer noch den Berliner Wert weit übertrifft. Bei Betrachtung der einzelnen Versuche macht sich übrigens bei allen

Versuchspersonen, wie bei den Ruheversuchen, der Einflufs der Gewöhnung geltend. Die letzten Versuche auf einer Station ergeben stets niedrigere Werte für den Sauerstoffverbrauch als die ersten.

Parallel mit der Erhöhung des Sauerstoffverbrauchs und der Steigerung des Atemvolums geht eine Verminderung der Arbeitsfähigkeit im Hochgebirge. In den Berliner Versuchen auf der Tretbahn wie im Hochgebirge war die Gröfse der zu leistenden Arbeit vollständig den Versuchsindividuen überlassen; jeder sollte so gehen, dafs er das Tempo allenfalls auch bei einer längeren Wanderung hätte innehalten können. Eine Vergleichung der pro Minute geleisteten Steigarbeit erlaubt uns also einen Rückschlufs auf die Arbeitsfähigkeit hier und dort. Sie wird am besten wieder durch eine Tabelle ermöglicht, welche die von den einzelnen Versuchsindividuen p. Minute in den verschiedenen Höhen geleistete Arbeit (mkg) enthält.

	S.	N. Z.	A. L.	J. L.	L. Z.
40 m	778	594	555	613	827
2800—3000 m	485	382	440	505	571
3600—3800 m	354	—	475	559	580

Die vorstehende Tabelle zeigt eine sehr bedeutende Abnahme der Leistungsfähigkeit in der Höhe. Bei den 1896er Versuchen, die in den drei letzten Reihen enthalten sind, zeigt sich beim Aufstieg von 3000 m auf 3600 m wieder eine leichte Zunahme, die sich dadurch erklärt, dafs die Arbeitsversuche auf Cap. Gnifetti infolge Ungunst der Witterung erst nach fünftägigem Aufenthalt daselbst ausgeführt werden konnten. Es zeigt sich also auch hier wieder der Einflufs der Akkommodation bei längerem Aufenthalt.

Neben den geschilderten Versuchen, die ein ganz neues Gebiet der Einwirkungen des Hochgebirges auf den menschlichen Organismus in den Bereich der messenden Beobachtung gezogen haben, sahen es aber auch beide Expeditionen als zu ihrer Aufgabe gehörig an, von anderen Forschern beobachtete Thatsachen nachzuprüfen. Hier kamen zunächst die auffallenden Resultate in Betracht, die zuerst einige französische Forscher, dann Egger in Arosa über den Einflufs des Hochgebirges auf die roten Blutkörperchen gefunden hatten. Bekanntlich besteht das Blut aus einer farblosen Flüssigkeit, in welcher in ungeheurer Anzahl mikroskopisch kleine runde Scheiben, die roten Blutkörperchen, schwimmen. Die Zahl derselben bestimmt man heutzutage meist mittels eines von Thoma angegebenen und von Zeifs konstruierten Apparates. Das Prinzip desselben besteht darin, dafs

das Blut zunächst mit einer, die Blutkörperchen erhaltenden Flüssigkeit verdünnt und dann in so dünner Fläche ausgebreitet wird, dafs eine Zählung der einzelnen Blutkörperchen unter dem Mikroskop möglich wird. Der Apparat setzt sich zusammen aus der Verdünnungspipette und der Zählkammer. Die erstere ist eine in eine feine Kapillare ausgezogene Kugel, welche genau 1 cm^3 fafst. Die Kapillare ihrerseits fafst 0,01 cm^3. Indem nun aus einer kleinen Hautwunde die letztere voll Blut gesogen und dann die Verdünnungslösung in die Kugel nachgesogen wird, erhalten wir eine 100fache Verdünnung. Von diesem verdünnten Blut wird ein Tropfen in die Zählkammer gebracht. Dieselbe befindet sich auf einem Objektträger in Gestalt einer Vertiefung, deren Boden überall genau 0,1 mm unter der Oberfläche der übrigen Glasplatte liegt. Umgeben ist sie von einer etwas tieferen Rinne, bestimmt, das etwa überschüssig aufgetragene Blut aufzunehmen. Wird nun die Zählkammer durch ein starkes, nicht durchbiegbares Deckglas, das ringsum auf dem Objektträger fest anliegt, verschlossen, so beträgt die Dicke der Blutschicht gleichmäfsig 0,1 mm. Der Grund der Zählkammer ist durch feine Striche in Quadrate von je 0,04 qmm Bodenfläche geteilt, so dafs die in einem Quadrat gezählten Blutkörperchen die in $^1/_{4000}$ mm^3 enthaltene Anzahl darstellen. Durch Zählung einer gröfseren Anzahl von Quadraten erhalten wir ein genügend genaues Resultat für die Zahl der in einem mm^3 enthaltenen Blutkörperchen. Dieselbe beträgt beim Menschen unter normalen Verhältnissen etwa 4—5 Millionen.

Die oben erwähnten Forscher stellten nun fest, dafs schon, wenn man in mäfsige Höhe kommt, — Arosa, wo Egger seine Untersuchungen anstellte, liegt 1800 m hoch — diese Zahl im Laufe einiger Wochen von 5 auf 6 Millionen und mehr steigt. Miescher in Basel stellte für das Zustandekommen dieser Erscheinung eine Theorie auf, die, da sie dieselbe als eine zweckmäfsige Reaktion auf den Sauerstoffmangel der Luft hinstellte, allgemein anerkannt wurde. Wir können die roten Blutkörperchen als kleine Schiffchen ansehen, die beim schnellen Vorbeifahren in den Kapillaren der Lungenbläschen so viel Sauerstoff als möglich mitnehmen und denselben dann in den Geweben wieder abgeben. Ist nun, so meinte Miescher, die Sauerstoffspannung in den Lungenbläschen und damit die Kraft, welche den Sauerstoff aus denselben ins Blut hinübertreibt, bei Luftverdünnung geringer, und kann daher das einzelne Schiffchen nicht die frühere Menge mitnehmen, so bietet die immer zweckmäfsig arbeitende Natur mehr Schiffchen auf, um den Ausfall zu ersetzen. So bestechend diese

Theorie klingt, so absolut steht sie in Widerspruch mit den Thatsachen. Das arterielle Blut enthält durchschnittlich 20 % Sauerstoff, von denen es in den Kapillaren an die Gewebe so viel abgiebt, dafs das venöse Blut noch 12—13 % enthält. Wie Hüfner durch direkte Untersuchung der Sauerstoffabsorption durch den Blutfarbstoff erwiesen hat, sinkt aber bei mäfsiger Herabsetzung der Sauerstoffspannung, wie sie etwa der Höhe von Arosa entspricht, der Sauerstoffgehalt kaum um 1 %, so dafs immer noch reichlich genug zur Abgabe der von den Geweben verlangten 7—8 % vorhanden ist. Erst bei viel tieferem Sinken des Luftdrucks könnte bei Leuten mit ganz flacher Atmung die Sauerstoffspannung in den Lungenbläschen eine derartig geringe werden, dafs von einem beginnenden Sauerstoffmangel überhaupt die Rede sein kann. Für die Erklärung der in Arosa und noch viel niedriger gelegenen Orten gefundenen Vermehrung der Blutkörperchen kann er jedenfalls nicht herangezogen werden.

Auf Grund von Laboratoriumsversuchen stellte nun N. Z. eine andere Hypothese für diese Erscheinung auf, die auch durch unsere Beobachtungen gut gestützt wurde. Er nimmt nicht eine Neubildung von roten Blutkörperchen, sondern nur eine geänderte Verteilung auf die verschiedenen Gefäfsbezirke des Körpers infolge Änderung der Gefäfslumina unter dem Einflufs verschiedenartiger Reize an. Die Kapillaren haben annähernd den Durchmesser der roten Blutkörperchen, so dafs sie von diesen nur im Gänsemarsch passiert werden können; geringe Verengungen haben daher zur Folge, dafs viele Kapillaren keine Blutkörperchen mehr führen, und diese dafür in anderen Gefäfsgebieten an Zahl zunehmen; das Umgekehrte findet natürlich bei Erweiterung der Kapillaren statt. Bei Hitze rötet sich unser Gesicht, ein Zeichen, dafs sich die Hautgefäfse erweitern. Dorthin werden also jetzt eine Menge Blutkörperchen fliefsen. Bei Kälte ziehen sich die Gefäfse zusammen, um die Wärmeausstrahlung herabzusetzen, und damit wird sich die Zahl der roten Blutkörperchen in den Hautgefäfsen vermindern. Tierexperimente bestätigten diese Annahme. Bei denselben erwies sich ferner intensives Licht als ein Reiz, der momentan die Zahl der Blutkörperchen in den Hautgefäfsen zum Steigen bringt. Solche und ähnliche auf die Gefäfsnerven wirkende Reize, deren es ja im Gebirge viel mehr und viel intensivere als in der Ebene giebt, gestatten eine befriedigende Erklärung der gefundenen Resultate.

Um die Mitnahme eines Mikroskopes zu ersparen, wurden anstatt der Zählung auf der ersten Expedition spezifische Gewichts-

bestimmungen des Blutes vorgenommen. Da nämlich die Blutflüssigkeit in ihrem Gewicht nur minimal schwankt, steigt und sinkt das spezifische Gewicht, das unter normalen Verhältnissen etwa 1,056 beträgt, proportional mit der Zu- und Abnahme der Blutkörperchen. Die Bestimmungen wurden nach einer von Hammerschlag angegebenen, ingeniösen Methode ausgeführt. Die gewöhnliche Methode zur spezifischen Gewichtsbestimmung von Flüssigkeiten — in einem gewogenen Gefäfs wird erst Wasser und dann die betreffende Flüssigkeit gewogen — ist beim Blut schwer anwendbar, weil dazu stets gröfsere Mengen erforderlich sind. Nur 0,5 cm^3 sich täglich mehrmals abzapfen zu lassen, würde auf die Dauer sehr unangenehm sein. Für die Hammerschlagsche Methode aber genügen 2—3 kleine Tropfen. Sie beruht auf dem Gedanken, dafs das spezifische Gewicht jedes in einer Flüssigkeit genau schwimmenden Körpers gleich dem der Flüssigkeit ist. Wir stellen uns also aus Chloroform und Benzol, zwei unter sich in jedem Verhältnis, mit Blut aber nur sehr wenig mischbaren Flüssigkeiten, eine Mischung her, deren spezifisches Gewicht annähernd 1,050 beträgt, bringen zwei oder drei Tropfen Blut hinein und variieren dann durch Zufügen des leichteren Benzols oder des schwereren Chloroforms die Mischung so lange, bis die Tropfen weder aufsteigen noch sinken. Durch Bestimmung des spezifischen Gewichtes der Mischung nach einer beliebigen Methode — in unserem Falle wurde die Mohrsche Wage benutzt — war das gesuchte Gewicht des Blutes gefunden.

Die erste Expedition fand nun während ihres Aufenthaltes nicht die erwartete Erhöhung des spezifischen Gewichtes, sondern bei beiden Versuchsindividuen gleichmäfsig eine deutliche Verminderung. Um ganz sicher zu gehen, nahm die zweite Expedition mit jeder Blutprobe sowohl eine Zählung, wie eine spezifische Gewichtsbestimmung vor, deren Werte im allgemeinen gut mit einander stimmten. Auch hier wurde in den ersten Tagen eine starke Verminderung beobachtet. Nach etwa achttägigem Aufenthalt beginnen die Werte zu steigen, ohne dafs jedoch am Schlufs der Versuchsreihe die Berliner Werte erreicht sind. Wir können uns wohl diese Erscheinung so erklären, dafs die plötzlich einsetzenden intensiven Hochgebirgsreize — bei der letztjährigen Expedition z. B. erfolgte innerhalb 48 Stunden der Aufstieg von 400 auf 3000 m — zunächst eine Verengerung der Hautgefäfsbezirke bewirken. Allmählich macht sich aber auch hier die schon bei den Atemversuchen besprochene Gewöhnung geltend, und die alten Verhältnisse beginnen sich wieder herzustellen. Dafs die

sanfteren Reize der geringeren Höhen, wie sie selbst Arosa in 1800 m noch bietet, in ganz anderer Weise, eben erweiternd und damit die Zahl der Blutkörperchen erhöhend wirken können, ist selbstverständlich. Einen beinahe sicheren Beweis für diese Reiztheorie vermochte aber die letztjährige Expedition dadurch zu erbringen, dafs sie das Verhalten des Blutes unter der Einwirkung ganz intensiver Reize beobachtete. So gelang es z. B., durch stundenlangen Aufenthalt auf dem sonnenbeschienenen Gletscher oder am heifsen Ofen Dichte und Blutkörperchenzahl erheblich zu steigern, umgekehrt durch Kälte und Aufenthalt im verdunkelten Zimmer zum Sinken zu bringen. Abgeschlossen sind diese Versuche noch nicht, ihre Fortsetzung erscheint um so interessanter, als die Resultate mit der Frage der Heilwirkung des Gebirgsaufenthalts auf Bleichsucht und Tuberkulose in innigem Zusammenhange stehen.

Werfen wir nun noch einmal einen kurzen Rückblick auf das, was die Versuche an neuen Ergebnissen gezeitigt haben. Da ist vor allem hervorzuheben, dafs hier zum ersten Mal der exakte wissenschaftliche Beweis dafür gebracht worden ist, dafs wirklich im Gebirge der Stoffumsatz ein erhöhter ist, eine Thatsache, die von den Ärzten schon lange angenommen und als Grundlage für die heilende und stärkende Wirkung des Gebirges angesehen wurde. Diese Steigerung des Stoffumsatzes beruht aber in den Grenzen, die für unsere sanitären Zwecke in Betracht kommen, nicht auf der Luftverdünnung, sondern ist auf Reize zurückzuführen, die das Nervensystem treffen und, mäfsig einwirkend, wohlthun und beleben, wenn sie aber über eine gewisse Grenze hinausgehen, erschlaffen und lähmen. Von den Einzelwirkungen in dieser Hinsicht wollen wir nur erinnern an die Thatsache, dafs schwache, bleichsüchtige Menschen sich in gewisser Höhe sehr wohl fühlen, dafs aber bei einer individuell sehr verschiedenen Grenze das Wohlbefinden leidet, namentlich Schlaflosigkeit eintritt. Dafs diese Reize keine Faktoren der absoluten Höhe sind, beweist das Verhalten einer Anzahl Menschen, die der eine von uns, N. Z., Gelegenheit hatte, mehrere Jahre hintereinander erst auf Rigi-Staffel, dann in Arosa zu beobachten. Obgleich Rigi-Staffel 200 m niedriger ist, sah man dort viel häufiger nervöse Erregung und Schlaflosigkeit; das erklärt sich dadurch, dafs Arosa ein vor starkem Wind und durch Wald vor grellen Lichtwirkungen geschütztes Thal ist, während Staffel eine viel gröfsere Reizwirkung durch Sonne und Wind ausübt.

Nach Überschreitung einer gewissen Höhe beginnen allerdings die vorher so wohlthuenden Reize bei jedem eine auf das subjektive allgemeine Befinden schädigende Wirkung auszuüben, bis wir schliefslich in jene Höhen kommen, wo die Bergkrankheit ihre Opfer fordert.

Über heifse Quellen und Geysire.

Von Professor Dr. **F. Wahnschaffe** in Berlin.

(Schlufs.)

Man mufs unter den heifsen Quellen der vulkanischen Gebiete unterscheiden zwischen solchen, die periodische Springquellen bilden, und solchen, welchen diese Eigenschaft nicht zukommt.

Die Springquellen oder Geysire zeigen in bestimmten Intervallen ein heftigeree Aufwallen des Wassers, welches sich in vielen Fällen bis zu gewaltigen Wassereruptionen steigert.

Die periodischen heifsen Quellen finden sich hauptsächlich in drei Gebieten: auf der Insel Island, auf Neu-Seeland und in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika im Yellowstone-Nationalpark auf der Grenze zwischen den Territorien Wyoming und Montana. Weniger bekannte Geysirgebiete sind aufeerdem nur noch am Tengri in Tibet, sowie in dem Gebiete des Napa-Thales nördlich von St. Francisco in Californien vorhanden. Die Geysir-Erscheinungen epielen sich dort in viel kleinerem Mafsstabe ab als in den genannten drei grofsen Geysirregionen. Es wird jedoch berichtet, dafs einige Geysireruptionen in Tibet 50 Fufs Höhe erreichen.

Alle Springquellen haben entweder neutrales oder schwach alkalisch reagierendes Wasser, welches verhältnismäfsig grofse Mengen von Kieselsäure aufgelöst enthält, die sich beim Verdunsten des Wassers in der Form von Kieselsinter niederschlagen und jene eigentümlichen Sprudelschalen und Sprudelröhren bilden, deren Bau den mechanischen Vorgang der Periodizität der Wassereruptionen weeentlich mit bedingt.

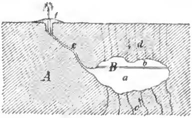
Am längsten bekannt sind diese Springquellen aus dem Haukadal im südwestlichen Island, woselbst ein kompliziertes System gröfserer und kleinerer warmer Quellen und Kochbrunnen nebst heifsen Schlammsprudeln aus Spalten hervortritt, die in einer NNO. streichenden Zone

liegen und genau den Linien entsprechen, auf denen die isländischen Vulkane angeordnet sind.

Der Grofse Geysir, das heifst Wüterich, tobender Sprudel, vom Worte „geysa“, welcher der ganzen Kategorie dieser Springquellen den Namen gegeben hat, liegt in einer sumpfigen Ebene am Rande der grofsen Gletscherwüste, welche das Hochplateau der Insel bildet, etwa 110 m über dem Meere. Die ganze Ebene ist mit sehr jungen Ablagerungen bedeckt. In weiter Umgebung der Quellen hat sich eine dicke Schicht von Kieselsinter abgesetzt, welche in unmittelbarer Nähe um den Sprudel herum einen kleinen Sinterkegel bildet. Dieser ganz flach unter 7—10 Grad abgeböschte, etwa 10 m hohe Kegel des Grofsen Geysir besitzt eine aschgraue Farbe, ist oben abgestumpft und trägt auf seinem Gipfel ein flaches Becken von 17 m Durchmesser. Im Zentrum des Beckens befindet sich die aus Kieselsinter gebildete Röhre des Kochbrunnens, welche einen Durchmesser von 3 m besitzt und sich ungefähr 23,5 m in die Tiefe hinabsenkt. Vom Grunde der Röhre aus, welcher für die Untersuchung unzugänglich ist, werden sich wahrscheinlich verborgene Kanäle weiter in die Tiefe hinabziehen. Unter gewöhnlichen Verhältnissen ist das oben gelegene Geysirbecken bis zum Rande mit krystallklarem, seegrünem Wasser gefüllt, welches an der Oberfläche eine Temperatur von 82° C. besitzt und in drei kleinen Rinnen langsam über den Rand des Beckens abfliefst. In der gröfsten Tiefe der Röhre zeigt sich eine Temperatur von 127° C., in etwas höherem Niveau von 122°, und so nimmt die Temperatur stufenweis bis 82° C. allmählich ab. Von Zeit zu Zeit hat der Grofse Geysir, jedoch ohne genaue Perioden, grofse Eruptionen. Zunächst treten kleine Eruptionen auf, die von vorangehendem schwachen unterirdischen Donner begleitet sind und sich ziemlich regelmäfsig in Zwischenräumen von 80—90 Minuten wiederholen. Dabei wallt das Wasser 3—4 m hoch auf, und es steigen grofse Dampfblasen daraus empor. Diese Erscheinungen werden als „die kleinen Eruptionen“ des Geysirs bezeichnet. Dann folgt alle 24 bis 30 Stunden plötzlich eine grofse Eruption, bei welcher 2—3 Wassersäulen vom Durchmesser des Geysirrohres unter gewaltigem Zischen und Brausen, sowie unter mächtiger Dampfentwickelung 25—30 m hoch emporgeschleudert werden. Das grofsartige Schauspiel hat nur eine Dauer von wenigen Minuten. Ein grofser Teil des Wassers wird bei diesen heftigen Eruptionen über den Rand des Beckens hinausgeschleudert, sodafs nach der Beendigung der Eruption sowohl das Geysirbecken als auch ein grofser Teil der Geysirröhre

entleert ist. Ganz allmählich steigt nun das Wasser von unten her wieder empor, und es bereitet sich eine neue Eruption vor. Das mit Kieselsäure beladene koohende Wasser, welches herausgeschleudert wurde, breitet sich in der Umgebung des Geysirs aus und setzt bei der Verdunstung und beim Erkalten die Kieselsäure in Form von Tuff oder Sinter ab.

Nach der Analyse von Sandberger enthält das Geysirwasser in 1000 Teilen 11,315 feste Bestandteile und darunter 5,097 Teile Kieselsäure.

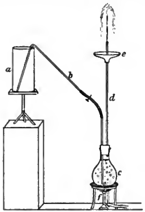


Figur 1.
Schematische Darstellung eines Geysirs nach der Mc. Kenzieschen Theorie.
A) Anstehendes Gestein mit einem Hohlraum B, der in seinem unteren Teile mit Wasser a, in seinem oberen Teite b mit gespannten Wasserdämpfen erfüllt ist. Der Hohlraum steht durch einen Kanal e mit dem aus Kieselsintor gebildeten Geysir f in Verbindung. Die aus der Tiefe empordringenden Dampfstrahlen c erwärmen das Wasser, welches von oben durch die kapillaren Spalten des Gesteins d in den Hohlraum einsickert.

Zur Erklärung der periodischen Eruptionen sind mehrfache Theorien aufgestellt worden. Die zuerst von Mc. Kenzie aufgestellte Theorie, welche von Krug von Nidda und Gustav Bischoff weiter ausgebaut und vervollkommnet wurde, nahm zur Erklärung der periodischen Geysireruptionen unterirdische Hohlräume (Fig. 1) an, welche in einem Gebiet heifser Quellen durch die Auslaugung und Zersetzung des Nebengesteins und die Emporhebung der Mineralbestandteile in den aufsteigenden Quellen notwendigerweise in der Tiefe entstehen müssen. Diese Hohlräume sollen bei den Geysiren wie Dampfkessel wirken. Mc. Kenzie nahm an, dafs auf feinen Spalten von oben her in den Hohlraum das Wasser einströmte oder vielmehr einsickerte, während von unten her in das Bassin heifse

Dampfstrahlen eindringen sollten, durch welche das Wasser allmählich so hoch erhitzt wurde, dafs es durch die darüber sich bildenden gespannten Dämpfe, sobald der Druck ausreichend war, auf einem seitlichen offenen Kanale herausgeschleudert wurde. Der Vorgang läfst sich experimentell durch einen sehr einfachen und leicht herstellbaren Apparat (Fig. 2) veranschaulichen.

Diese Mc. Kenziesche Theorie, auf die wir allerdings zur Erklärung einiger Geysirerscheinungen im nordamerikanischen Yellowstone Nationalpark zurückgreifen müssen, stimmt mit den am Grofsen

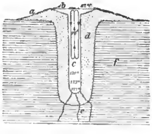


Figur 2.
Geysir - Apparat.

a) Glasgefäfs mit kaltem Wasser.
b) Heberrohr, unten umgebogen.
c) Liter-Kochflasche.
d) Glasröhre, 10 cm lang, mit einem lichten Durchmesser von 8 mm, oben an der Spitze verengt.
e) Trichtergefäfs aus dünnem Weifsblech zur Aufnahme des Wasserstrahls.
f) Bunsenbrenner mit schwach einzustellender Flamme, damit die Dampfentwickelung nicht so stark wird, dafs die Dämpfe in das Heberrohr b eintreten können.

Geysir in Island beobachteten Erscheinungen nicht überein und wurde daher von Bunsen, der im Jahre 1846 in Gemeinschaft mit Des Cloizeaux sehr sorgfältige wissenschaftliche Untersuchungen am Grofsen Geysir ausführte, durch eine andere Theorie ersetzt.

Die Untersuchungen ergaben, dafs die Menge des herausgeschleuderten Wassers genau der in der Geysirröhre nach der Eruption eintretenden Erniedrigung entspricht, denn es zeigte sich, dafs nach jeder Eruption das Wasser 1—2 m tief in der Röhre stand und dann von unten her langsam wieder emporstieg, bis es über den Rand des Geysirbeckens abflofs. Das Wasser besitzt dann im unthätigen Zustande des Geysirs an der Oberfläche die Temperatur von 82° C. (Siehe Fig. 3.) In der Geysirröhre findet eine Circulation des Wassers statt, wie sich durch hineingeworfene kleine Papierstücke feststellen läfst. In der Mitte des Geysirrohres steigt ein heifser Wasserstrom auf. Das nicht über den Rand des Beckens abfliefsende Wasser kühlt sich an der Oberfläche etwas ab, wird dadurch spezifisch



Figur 3.
Der Grofse Geysir nach Bunsen.
a) Geysirkegel. b) Sprudelschale. c) Geysirrohr. d) Wand des Geysirrohrs. e) aus der Tiefe in Kanälen empordringendes überhitztes Wasser. f) Palagonittuff.

schwerer und sinkt an den Wänden der Sinterröhre, die immer etwas abkühlend wirken, wieder in die Tiefe hinab, bis es von neuem erhitzt mit dem mittleren Strome wieder emporgehoben wird.

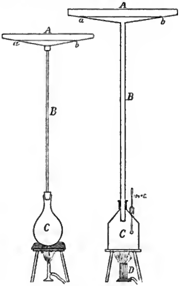
Aufserdem findet, abgesehen von kleinen Störungen, ein beständiges Steigen der Temperatur an allen Punkten der Wassersäule seit der letzten Eruption statt. Ist beispielsweise in einer Tiefe von 6 m die Temperatur unmittelbar nach der Eruption 90° C., so ist sie an derselben Stelle eine Stunde später 91° C. Während der ganzen Zeit zwischen zwei Eruptionen ist nun für jeden Punkt der Wassersäule die Temperatur niedriger, als der dem Druck entsprechende Siedegrad des Punktes. In dem mittleren Teil des Geysirrohres kommt die Temperatur dem Siedepunktgrade stets am nächsten,

während die Temperatur in den tiefsten Teilen der Röhre weit höher ist als der gewöhnliche Siedepunkt des Wassers. Das Wasser ist jedoch hier durch den Druck der auf ihm lastenden Wassersäule am Sieden verhindert. Sobald nun in der mittleren Region durch beständiges Steigen der Temperatur, infolge des von unten zuströmenden überhitzten Wassers, der der Druckhöhe entsprechende Siedepunkt erreicht ist, wird das Wasser sich plötzlich in Dampf verwandeln und eine kleine Eruption verursachen, indem die darüber stehende Wassersäule in die Höhe geschleudert wird. Dadurch wird aber auch die zunächst tiefere Schicht des Wassers von ihrem Druck entlastet. Sie wird sich in Dampf verwandeln und die in das Rohr zurückfallende Wassermasse mit um so gröfserer Kraft zu gröfserer Höhe emporschleudern. Das an der Luft etwas abgekühlte, in die Öffnung zurückfallende Wasser wird eine kleine Unterbrechung der Dampfbildung verursachen, die aber sehr schnell durch neu aufsteigendes Wasser von sehr hoher Temperatur überwunden wird. Das Aufsteigen und Zurückfallen der Wassersäule wird sich solange fortsetzen, bis das Wasser durch die Abkühlung bei der Berührung mit der Luft eine derartige Temperatur angenommen hat, dafs keine Dampfbildung im unteren Teile des Geysirrohres mehr stattfinden kann. Die Dauer der Ruheperiode ist von der Menge und der Temperatur des von unten zuströmenden überhitzten Wassers, sowie auch von der Höhe und Weite des Rohres abhängig. Diese Bunsensche Theorie erklärt die bei dem Grofsen Geysir auftretenden Eruptionen in vollkommen befriedigender Weise. Man kann diese Erscheinungen auf eine sehr einfache Weise experimentell veranschaulichen, wenn man ein Probiergläschen ganz mit Wasser füllt und unten über eine Flamme hält. Es wird dann das Wasser unten durch den Druck der oberen Wassersäule eine Zeit lang am Sieden verhindert, bis dann plötzlich der Punkt eintritt, wo sich unten gröfsere Dampfblasen bilden und die darüber stehende Wassersäule herausschleudern. Auch durch entsprechend hergestellte Geysirapparate (Fig. 4 und Fig. 5) kann man die Erscheinungen des Grofsen Geysir nachahmen.

Aufser dem Grofsen Geysir liegen in jenem Gebiete noch 40 bis 50 Kochquellen und Sprudel zusammen, von denen wir hier nur noch den gröfsten derselben, den Strokkur, das Butterfafs, erwähnen wollen.

Der Strokkur liegt nur 100 Schritt vom Grofsen Geysir entfernt. Er besitzt keinen Eruptionskegel an seiner Mündung, sondern nur einen wulstigen Rand von kaum 4 Zoll Höhe. Unmittelbar von der Oberfläche senkt sich die Röhre hinab, welche an der Mündung

$7 \frac{1}{3}$ Fufs, in 26 Fufs Tiefe aber nur 1 Fufs Durchmesser besitzt. Das Wasser steht gewöhnlich 10—13 Fufs unter der Oberfläche und zeigt eine wallende, auf- und absteigende Bewegung. Der Strokkur besitzt die Eigentümlichkeit, dafs er durch Verstopfung seines engen Trichterrohres durch Steine, Rasen- und Torfstücke zu einer Eruption gezwungen werden kann. Es ist dies von Preyer und Zirkel in



Figur 4. Figur 5

Geysirapparate.

Figur 4: A) Blechtrichter, bis a--b mit Wasser gefüllt, oben 0,6 m breit. B) Glasröhre, 1 m lang, 1,5 cm lichter Durchmesser. C) Kochflasche von 1,5 Liter Inhalt.

Figur 5: A) Blechtrichter, bis a--b mit Wasser gefüllt, oben 0,7 m breit. B) Kupferrohr, 2 m lang, 3,5 cm breit. C) Kupfergefäfs von 3,25 Liter Inhalt mit B verlötet. D) Sechsfacher Brenner.

ihrem Buch „Reise nach Island“, aber auch von Keilhack in seinen „Reisebildern aus Island“ sehr anschaulich beschrieben worden.

Weit reicher an Springquellen, Kochbrunnen, Solfataren und Schlammsprudeln war bis zum Jahre 1886 das von dem verstorbenen

Ferdinand von Hochstetter in seinem ausgezeichneten Reisewerk „Neu-Seeland" beschriebene Geysirgebiet dieser Insel-Gruppe. Durch die gewaltigen Explosionen und Aschenauswürfe des Vulkans Tarawera ist am 10. Juni 1886 fast das ganze neuseeländische Geysirgebiet vollständig zerstört worden.

Die heifsen Quellen und Geysire lagen auf der Nordinsel längs einer Zone, die sich von dem im Zentrum gelegenen Tauposee in nordöstlicher Richtung bis zu Plentyhai erstreckt.

Zu den wunderbaresten Erscheinungen gehörten die heifsen Quellen und Geysire des Waikato-Thales von Orakaikorako. Von einem Standorte aus, von welchem noch nicht einmal das ganze Gebiet zu übersehen war, zählte von Hochstetter 76 Punkte, wo heifse Quellen zu Tage treten. Und unter ihnen befanden sich viele intermittierende, geysirartige Springquellen.

Eine zweite, ebenso merkwürdige Lokalität bildeten die heifsen Sprudel am Ufer des Sees Rotomahana, welche wegen der prachtvollen Kieselsinterterrassen, die sie gebildet haben, nur noch im Yellowstone Nationalpark ihres gleichen besafsen. Leider sind durch die genannte grofse Katastrophe sowohl der See als auch die schönen Sinterterrassen von der Erde verschwunden.

Die Gegend des Rotomahana liegt auf derselben Spalte wie das Thal Waikato und zählte etwa 25 grofse heifse Quellen. Am nordöstlichen Ende des Rotomahana lag der grofse Terrassensprudel Tetarata. Er bildete an dem Abhange 36 m über dem Seespiegel einen kraterartigen Kessel von 33 m Länge und 20 m Breite, in welchem das klare blaugrüne Wasser beständig sich in wallender Bewegung befand und eine Temperatur von 84° C. besafs. Das Wasser war neutral, schmeckte etwas salzig und hatte im hohen Grade die Eigenschaft, bei der Verdunstung Kieselsäure abzuscheiden. Die Analyse ergab, dafs dieses Wasser 0,164 Kieselsäure, 2,504 Natriumchlorid und einen Gesamtrückstand von 2,732 Teilen beim Verdampfen von 1000 Teilen besafs.

An dem Abhange des Hügels bis zum See herab hatte sich aus dem nur spärlich, aber beständig abfliefsenden Sprudel eine Terrasse von schneeweifsem Kieselsinter abgesetzt, die einen bezaubernden Anblick gewährte. Das Ganze erschien von weitem wie ein plötzlich erstarrter Wasserfall, da sich an den einzelnen Stufen die zartesten Tropfsteinbildungen abgesetzt hatten. Auf allen Terrassen befanden sich wannenartige Einsenkungen, in denen das Wasser das herrlichste Blau zeigte. Diese Bassins waren auf den höheren Stufen mit heifsem,

auf den niedrigeren mit warmem Wasser erfüllt, sodafs man sich die Temperatur ganz nach Belieben zum Baden aussuchen konnte. Einige Bassins waren nur klein, andere dagegen so grofs, dafs man darin bequem schwimmen konnte. Die Natur hatte hier eine Badeanstalt geschaffen, wie sie der raffinierteste Luxus nicht schöner und bequemer herzustellen vermag.

Am westlichen Ufer des Rotomahana-Sees fand sich ein Sprudel, der bei den Eingeborenen Otukapuarangi, d. h. „wolkige Atmosphäre“ genannt wurde, weil fortwährend weithin sichtbare weifse Wasserdämpfe daraus emporstiegen. Dieser Sprudel hatte ebenfalls eine herrliche Sinterterrasse gebildet, welche auf beiden Seiten mit immergrünem Gebüsch geschmückt war und eine sanft rosarote Färbung infolge des zugleich mit abgeschiedenen Eisenoxydhydrats besafs. Es flofs nur sehr wenig Wasser aus dem Sprudel aus, sodafs man, ebenso wie bei der Tetarata-Terrasse, dieselbe von unten aus von Stufe zu Stufe besteigen konnte.

Von einer alle Vorstellungen übertreffenden Grofsartigkeit ist das Gebiet der heifsen Quellen und Geysire in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika, in welchem ich bei Gelegenheit des fünften internationalen Geologenkongresses im September 1891 acht Tage verweilen und die dortigen Erscheinungen eingehend studieren konnte.

Dieses Wunderland am Yellowstone-River ist erst seit den wissenschaftlichen Forschungsreisen, welche unter der Leitung von Professor Hayden, des damaligen Direktors der geologischen und geographischen Landesuntersuchung, im Jahre 1871 ausgerüstet wurden, und durch die daraus hervorgegangenen Publikationen näher bekannt geworden. Im Jahre 1872 wurde das ganze Geysirgebiet, welches etwa die Gröfse des Reichslandes Elsafs-Lothringen besitzt, als Staatseigentum erklärt und erhielt den Namen „Yellowstone National-Park“. Das so geschaffene, dem Naturgenufs und der Erholung geweihte Nationaleigentum des nordamerikanischen, für landschaftliche Schönheit und Erhabenheit tief empfänglichen Volkes, liegt im Herzen des Felsengebirges auf der Grenze zwischen den Staaten Wyoming, Montana und Idaho und ist durch die Northern Pacific-Eisenbahn dem Verkehr erschlossen worden, sodafs es alljährlich das Ziel zahlreicher Vergnügungsreisender bildet. Der Staat hat dafür zu sorgen, dafs dieses merkwürdige Gebiet möglichst in seinem ursprünglichen Naturzustande erhalten bleibt.

An dem geologischen Bau der den Park umgebenden Ketten be-

teiligen sich eine ganze Reihe von Formationen, die von den archäischen Schichten bis zur Kreide hinaufreichen. Zwischen dem archäischen Teil der Yellowstone-, Teton- und Windriver-Mountains dehnt sich eine fast 25 000 □Kilometer grofse Hochfläche aus, die ganz und gar aus vulkanischen Gesteinen gebildet wird. Mit der Faltung der Felsengebirgsketten, welche im Gegensatz zu derjenigen der Alleghanys in weit jüngerer Zeit stattgefunden hat, war die Entstehung gewaltiger Spalten und Verwerfungen verbunden. So sank gegen Ende der Eocänzeit ein grofser Teil der westlichen Parkgegend in die Tiefe hinab und bereitete durch tiefgreifende Spaltenbildungen den glühend flüssigen vulkanischen Massen den Weg, die während der mittleren und jüngeren Tertiärzeit an die Oberfläche drangen und sich in gewaltigen Decken über dieses Gebiet ausbreiteten. Eine zweite grofsartige Verwerfungslinie, welche ebenfalls für die vulkanischen Erscheinungen, namentlich für das Auftreten der Basalte von Bedeutung war, durchzieht nach den Untersuchungen von Holmes in Südost-Nordwest-Richtung den nördlichen Teil des Parkes, wo sie zum Teil mit dem Laufe des Yellowstoneflusses und seines östlichen Nebenarmes zusammenfällt. Die amerikanischen Geologen haben drei aufeinanderfolgende Eruptionsperioden unterscheiden können. Die älteste lieferte andesitische Gesteine, dann folgten Ergüsse von Rhyolith, und zuletzt trat basaltisches Magma hervor.

Das eigentliche Muttergestein der heifsen Quellen und Geysire bildet der Rhyolith, der sich in gewaltigen, z. T. über 600 m mächtigen Decken ausgebreitet hat. Nachdem sich die geschmolzenen Gesteinemassen an der Oberfläche abgekühlt hatten, konnte das fliefsende Wasser seine einschneidende Thätigkeit beginnen, und die dadurch gebildeten Thäler waren dann während der Eiszeit mit mächtigen Gletschern erfüllt, deren hohe, die Thäler durchquerende Endmoränen man dort vielfach antrifft.

Die innerhalb des Nationalparkes in grofsartigster Mannigfaltigkeit auftretenden heifsen Quellen, Dampfausströmungen, Geysire, Schlammvulkane und Solfataren sind als die letzten Nachwirkungen jener längst erloschenen vulkanischen Thätigkeit anzusehen, von der uns die gewaltigen Decken der vulkanischen Gesteine Kunde geben. Von einigen Geologen ist die Ansicht ausgesprochen worden, dafs diese Decken von der Zeit ihrer glutflüssigen Beschaffenheit her, trotzdem die Eiszeit nachher mächtige Gletscher darüber aufgetürmt hatte, in gröfserer Tiefe unter der Erdoberfläche noch eine bedeutende Hitze bewahrt hätten, sodafs das auf den Spalten des Gesteins herabsinkende

Wasser bei der Berührung mit den heifsen Felsflächen erwärmt und zum Teil in Dampf verwandelt würde. Allerdings ist es wohl zweifellos, dafs die Geysirthätigkeit in hohem Grade von der bedeutenden Menge der atmosphärischen Niederschläge abhängt, durch welche gerade das Parkgebiet ausgezeichnet ist; jedoch erscheint es viel wahrscheinlicher, dafs die Erwärmung dieser in die Rhyolithdecke eindringenden Atmosphärilien durch überhitzte, aus tiefen Lava-Räumen aufsteigende Dämpfe stattfindet. Der Umstand, dafs die Hauptgeysirgebiete des Parkes, das Norris-, Lower, Midway-, Upper- und Shoshone-Bassin fast genau in einer geraden Linie liegen, deren Richtung mit dem Verlauf des östlichen Bruchrandes der Gallatin-Berge übereinstimmt, scheint dafür zu sprechen, dafs unter der Rhyolithdecke hier eine tief hinabgehende Spalte vorhanden ist, welche das Aufsteigen der Dämpfe aus dem Lavareservoir vermittelt.

Am Nordeingange in den Nationalpark erhebt sich die wundervolle Kalksinterterrasse der Mammoth Hot Springs, welche sich bis zu 701 m über dem Wasserspiegel des Gardinerflusses erhebt. Die heifsen Quellen, durch welche diese Terrasse aufgebaut worden ist, besitzen eine Temperatur von 70—74° C. und enthalten in 1000 Teilen 0,6254 Calciumcarbonat, da unterhalb dieser Terrasse Schichten der Jura- und Kreideformation anstehen, aus denen das heifse kohlensäurehaltige Wasser den Kalk auslaugt.

In prachtvollen Kaskaden stürzt sich das Wasser an dem Ostabhange des Sinterplateaus herab, alles mit weifsen Kalkabsätzen überziehend. Wenn das heifse Wasser beim Herabrieseln sich mehr und mehr abkühlt, siedeln sich alsbald Algen (Leptothrix, Mastigonema und andere Formen) darin an, die nach den Untersuchungen von Weed sogar noch bei 85° C. vegetieren können. Diese Pflanzen vermitteln hier vielfach den Kalk- und in den Geysirgebieten den Kieselsäureabsatz. In dem sehr heifsen Wasser finden sich weifse Formen, die in dem fliefsenden Wasser als lange, dicht zusammengehäufte Fäden flottieren, in dem lauwarmen grüne und in dem noch mehr abgekühlten orangegelbe und rotbraune Formen. Diese verschiedenen Formen kontrastieren lebhaft mit den schneeweifsen Kalkabsätzen.

Das Norris-Geysir-Becken, welches 2289 m über dem Meere gelegen ist, stellt eine rings von Wald umgebene, unregelmäfsig geformte Einsenkung dar, deren Sohle und Böschungen ganz mit Kieselsinter bedeckt sind. Überall steigen weifse Dampfwolken in die Luft empor, die schon von weitem die lebhafte Thätigkeit, welche dort herrscht, verkünden. Zur Rechten des Weges, welcher durch das

Geysirbecken hindurchführt, befindet sich ein kleiner Geysir, in dessen rundem, 3 m breitem Becken sich eine milchige Flüssigkeit in beständig kochender Bewegung befindet und bisweilen bis zu 2 m Höhe emporwallt. Auf der andern Seite des Weges schaut man in eine tiefe Spalte hinab, aus der beständig unter Zischen und Brausen eine Dampfsäule 20 m hoch emporgetrieben wird. Es ist der New Crater, welcher zuweilen auch kochendes Wasser auswirft. Seine ganze Umgebung ist mit weifsem Kieselsinter überzogen, und die Föhren, welche ihn umringen, sind zum Teil abgestorben und verkieselt. Rothpletz, welcher ebenfalls an dieser Exkursion teilnahm, hat durch mikroskopische Untersuchungen nachgewiesen, dafs die Verkieselung dieser Hölzer nicht dadurch stattfindet, dafs kieselsäurehaltiges Wasser capillar im Stamme aufsteigt und die Kieselsäure in den Zellen sich ausscheidet, sondern dadurch, dafs die Stämme von aufsen her durch die Geysireruptionen mit Geysirwasser angenäfst werden, und die Kieselsäure sich nur so weit von aufsen nach innen zu ablagert, als diese Annässung in den Stamm einzudringen vermag.

Vom New Crater aus steigt man in den tiefsten Teil des Beckens, eine schneeweifse ebene Fläche, hinab, inmitten deren der Constant Geysir in fast regelmäfsigen Zwischenräumen von 20—30 Sekunden sein kochendes Wasser 10—15 m hoch in einer prachtvollen Fontaine emporwirft. Das ganze Schauspiel dauert 4—5 Sekunden, dann sinkt die Erscheinung in sich zusammen, und eine neue Eruption bereitet sich vor. Die Gehänge des Norris Geysir-Beckens sind mit einer ganzen Reihe von Geysiren bedeckt, sodafs man im ganzen dort 14 zählt. Da die Geysirthätigkeit hier in geologischem Sinne noch verhältnismäfsig jungen Alters ist, und sich noch nicht, wie im Mammoth Hot Springs-Gebiete, eine alles verhauende Decke von Sinter gebildet hat, so kann man sowohl die Zersetzung der Rhyolithfelsen als auch die Absätze aus dem heifsen Wasser vortrefflich studieren.

Von wunderbarer Schönheit sind hier aufserdem die heifsen Quellen, welche keine Geysirthätigkeit zeigen. In den ruhigen Becken, aus denen immerfort Dampfblasen aufsteigen, zeigt das Wasser eine prachtvolle hellblaue oder tiefgrüne Farbe.

Das Lower Geysir-Bassin hat 17 intermittierende Geysir, von denen sich besonders der Fountain- und Great Fountain-Geysir auszeichnen. Ersterer tritt alle vier Stunden in Thätigkeit.

Der gewaltigste Geysir ist der im Midway-Geysir-Bassin gelegene Excelsior. Die nach innen zu steil abfallenden Wände seines Beckens erheben sich über der kochenden und wallenden 200 qm grofsen

Wasserfläche 5 m hoch und bestehen aus weifsem oder grauweifsem geschichtetem Kieselsinter. Bei der Eruption, die nur sehr selten eintritt, soll eine 8 m dicke geschlossene Wassersäule 100 m hoch emporsteigen.

Das Upper Geysir-Bassin ist überwältigend durch die vielen grofsen Geysire, welche hier vereinigt sind, und durch die verschiedenartige Ausbildung derselben. Nach der Art und Weise des Verlaufs der Eruptionen lassen sich nach Peale hier vier verschiedene Geysirtypen unterscheiden:

1. Geysire, die eine meist nicht lange währende, stofsweise erfolgende Wassereruption zwischen den einzelnen Ruhepausen besitzen und keine nachfolgende Dampferuption zeigen (Hierhin gehören der Old Faithful und der Bee Hive).

2. Geysire, welche die obigen Erscheinungen mit nachfolgender Dampferuption aufweisen (Castle).

3. Geysire, welche eine lange, oft durch gröfsere Ruhepausen unterbrochene Wassereruption ohne nachfolgende Dampferuption zeigen (Grand, Giantess).

4. Geysire, welche die vorhergehenden Eigenschaften mit nachfolgender Dampferuption besitzen (Giant, Union).

Manche Geysir zeichnen sich hier durch eine grofse Regelmäfsigkeit des Eintrittes der Eruption aus. Der Old Faithful wirft, solange man ihn kennt, in Pausen von 65 Minuten einen geschlossenen Wasserstrahl 50 m hoch empor. Sein Wasser besitzt in 1000 Teilen 0,3691 Kieselsäure und hat einen sehr ausgedehnten flachen Sinterkegel abgesetzt. Gewaltig ist die Eruption des Giant, welche ich das Glück hatte, beobachten zu können. Die Eruptionen treten in Pausen von sechs Tagen ein, und der Wasserstrahl erhebt sich 90 Minuten lang bis zu 80 m Höhe. Eine mächtige Dampfausströmung bildet den Beschlufs. Ein nördlich vom Giant gelegenes Becken mit heifsem Wasser ist nach jeder Eruption entleert. Das Zustandekommen der Geysirthätigkeit ist hier nur mit Hilfe der alten Mc. Kenzieschen Theorie zu erklären.

Benjamin Apthorp Gould †.

Am 26. November vorigen Jahres starb an den Folgen eines unglücklichen Sturzes der berühmte amerikanische Astronom B. A. Gould. Gould ward am 27. September 1824 in Boston geboren, empfing seine Ausbildung auf der Lateinschule, später auf dem Harvard-College in Cambridge, wo er mit hoher Auszeichnung in den mathematisch-physikalischen Fächern im Jahre 1844 graduierte. Nachdem er ein Jahr lang als Lehrer thätig gewesen war, widmete er sich ganz der wissenschaftlichen Laufbahn und ging 1845 nach Europa, um an der Greenwicher, Pariser, Berliner und Gothaer Sternwarte dem Studium der Astronomie obzuliegen. Im Jahre 1848 kehrte er nach Amerika zurück und war hier zunächst bei der Küstenvermessung der Vereinigten Staaten thätig. Schon in dieser Stellung entfaltete er ein hervorragendes organisatorisches Talent, indem er die Methode der telegraphischen Bestimmung transatlantischer Längendifferenzen wesentlich verbesserte. 1850 gründete er das „Astronomical Journal“ in Cambridge, Mass., und wurde 1856 Direktor der Dudley-Sternwarte in Albany. Nach vergeblichem Kampf, das Institut, welches er ohne Besoldung leitete, für die Wissenschaft zu erhalten, legte er 1858 das Amt nieder und lebte seitdem in Boston, mit astronomischen Arbeiten beschäftigt. Im Jahre 1865 wurde Gould von dem Wunsche erfüllt, die südliche Hälfte der Himmelskugel zu durchforschen. Dieses Projekt nahm zuerst die Form eines privaten Unternehmens an, für welches seine Freunde in Boston die Geldmittel hergeben wollten; aber unter der enthusiastischen Unterstützung des Ministers und späteren Präsidenten der Argentinischen Republik, Sarmiento, realisierte es sich bald und führte schliesslich im Jahre 1870 zur Gründung der Nationalsternwarte in Cordoba, wohin Gould von der argentinischen Regierung berufen wurde. Die Errichtung dieses Observatoriums kennzeichnet eine Epoche in der Astronomie: die Gleichstellung beider Himmelskugeln, indem die bisher vernachlässigte Durchmusterung der südlichen Hemi-

sphäre jetzt kraftvoll in Angriff genommen wurde. Während seines sich selbst auferlegten 15jährigen Exils aus der Heimat hat Gould mit nie erlöschendem Eifer uranographischen Studien obgelegen und die Früchte seiner Arbeit in dem klassischen Werk „Uranomotria Argentina“ niedergelegt, in welcher sämtliche am südlichen Himmel sichtbare Sterne bis zur 7. Gröfse katalogisiert sind. Goulds übrige astronomische Arbeiten sind in 15 Bänden in Cordoba erschienen. Der letzte Band, welcher sein Werk abschlofs, erreichte Cambridge nur wenige Stunden vor seinem Tode. Neben den direkten Beobachtungen hat Gould besonders das Gebiet der Himmelsphotographie gepflegt; er war ein Pionier in der Anwendung dieses Hilfsmittels für die feineren astronomischen Mefszwecke. Angeregt durch seine Erfahrungen bei der Ausmessung und Reduktion der Rutherfurdschen Aufnahmen der Plejaden- und Praesepe-Gruppe, hatte er in Cordoba gegen 1400 Platten von Sternhaufen-Aufnahmen des südlichen Himmels angesammelt, deren Bearbeitnng ihm als Hauptaufgabe während der letzten zehn Jahre seines Lebens galt. Als er im Jahre 1885 nach Boston zurückkehrte, gab er das „Astronomical Journal“, das seit 1861 nicht mehr erschienen war, wieder heraus. Schw.

Bildet der Veränderliche β Lyrae ein Doppelsternsystem?

Die Dauer des Lichtwechsels des ungemein regelmäfsig veränderlichen Sternes β Lyrae beträgt im ganzen 12,91 Tage, und zwar treten während dieser Zeit in nicht viel um 3 Tage differierenden Abständen zwei fast gleich helle Maxima und zwei beträchtlich von einander verschiedene Minima auf. Belopolsky hatte schon die Meinung geäufsert, dafs die Erscheinungen durch die Annahme zweier einander umkreisender Körper erklärt werden könnte, wogegen Vogel Einspruch erhoben hat (vgl. Himmel und Erde, VI. Bd. S. 241 und 382). Auf diese Satellitentheorie ist vor kurzem G. W. Myers zurückgekommen (Dissertation: Untersuchungen über den Lichtwechsel von β Lyrae. München 1896). Derselbe nimmt an, dafs das System aus zwei Körpern gebildet wird, und zwar treten die Maxima ein, wenn die Körper von der Erde aus gesehen rechts oder links neben einander stehen, ohne sich zu verdecken; das erste tiefere Minimum entsteht durch das Dazwischentreten der dunkleren Scheibe zwischen den Beobachter und den helleren Körper, das zweite durch das Vorüberziehen des kleineren Körpers vor dem gröfseren. Die Hauptvor-

aussetzungen der Untersuchung sind: Die Exzentrizität der Bahn, in welcher sich beide Sterne um einander bewegen, sei gering, also die Bahn sehr wenig von einem Kreise verschieden; ferner seien beide Sterne einander ähnliche stark abgeplattete Rotationsellipsoide, und ihre Umdrehungs- und Umlaufszeiten seien gleich. Die Bahn, die Myers dann erhält, um den Beobachtungen zu genügen, weist ganz merkwürdige Verhältnisse auf. Zunächst stehen beide abgeplattete Sterne einander ungemein nahe; die gröfsere Halbaxe des Hauptsternes beträgt nämlich etwa 26 Millionen Kilometer, die Distanz der Mittelpunkte vom Hauptstern zum Begleiter 50 Millionen Kilometer, und da die Dimensionen des Begleiters im Vergleiche zum Hauptstern immer noch beträchtlich sind, so sind die Sterne einander so nahe, dafs sich ihre Atmosphären berühren, ja möglicherweise bilden sogar beide Körper eine einzige Gleichgewichtsfigur. Die Atmosphäre dieses Systems ist wahrscheinlich, wie gewisse Eigentümlichkeiten des Spektrums von β Lyrae dies bedingen, stark absorbierend, Myers hält für möglich, dafs die Hauptmenge dieser Atmosphäre um den Schwerpunkt des Systems konzentriert ist, so dafs um den kleineren Stern vielleicht wenig von Atmosphäre vorhanden sein mag. Ferner ergiebt sich, dafs die Masse des Hauptsternes 21mal und die des Begleiters $9\frac{1}{2}$mal gröfser ist als die Sonnenmasse; dabei ist die Dichte beider Körper fast die gleiche. Die Helligkeit des Hauptsterns ist $\frac{4}{10}$ derjenigen des Begleiters; die Bahnebene des Systems geht fast genau durch die Sonne, und die Bahn des Begleiters weicht von einem Kreise wenig ab. Myers gelingt es, mittels dieser Bahn die Lichtkurve, welche Argelander aus vieljährigen Beobachtungen abgeleitet hat, sehr befriedigend darzustellen. Bei der Schwierigkeit des Gegenstandes und dem Umstande, dafs vielleicht mehrere Erklärungsarten für den Lichtwechsel von β Lyrae gleich berechtigt sind, ist der Versuch Myers, mit dem blofsen Doppelsternsysteme bei der Erklärung auszukommen, sehr beachtenswert; ob das fernere Studium der Erscheinungen, namentlich der spektroskopischen, bei diesem Stern die Hypothese aufrecht halten lassen wird, mufs natürlich abgewartet werden.

Einflufs des Mondes auf die Erdbeben.

Japan ist bekanntlich eines der erdbebenreichsten Länder der Erde. Milnes Katalog der zwischen 1885—92 beobachteten Beben

(Vol. 4, Seismolog. Journal of Japan) enthält 8331 Aufzeichnungen. Diese Erdbeben hat jetzt C. G. Knott auf ihren Zusammenhang mit der Mondbewegung untersucht. Der gröfste Teil der Beben, fast 5100, ist an der Südostspitze Japans und Nagoya beobachtet worden, die übrigen rühren aus verschiedenen Distrikten, Nemura, Kyushu, Main Island u. a. O. her. Nach dieser Untersuchung wäre ein gewisser Zusammenhang mit dem Mondeinflusse nicht ganz zu verkennen. Namentlich scheint eine 14 tägige, also halbmonatliche Periode der Häufigkeit der Erdbeben in Beziehung auf die jeweilige Entfernung (Perigäum) des Mondes hervorzugehen, desgleichen eine halbtägliche Periode betreffs der Meridiandurchgänge unseres Trabanten. Selbstverständlich handelt es sich bei den eventuellen Maxima nur um ein schwaches Überwiegen der Häufigkeitzahlen gegen das Normale, etwa um ein Mehr von 10 Prozent. So gut wie kein Zusammenhang hat sich zwischen der Erdbebenhäufigkeit und der durch den Mond veranlafsten Ebbe und Flut, sowie den Stellungen des Mondes gegen die Ekliptik konstatieren lassen. Knott hat vorsichtigerweise die einzelnen Distrikte separat behandelt, um so eine Darstellung der Erscheinungen zu erhalten, wie sie faktisch den Vorgängen und der Einflufsnahme des Mondes darauf entspricht. Indessen hat auch Montessus vor 9 Jahren die Erdbebenhäufigkeit nach getrennten Bezirken untersucht (vgl. H. u. E. II. Bd. 438 u. 442), und zwar an einem noch umfangreicheren Beobachtungsmaterial als Knott. Als Gesamtresultat hat Montessus die Schlufsfolgerung aus seinen verschiedenen Versuchen ansehen müssen, dafs überhaupt kein allgemeines Gesetz in der Erdbebenhäufigkeit zu entdecken war, welches sichere Schlüsse auf den Einflufs des Mondes und der Sonne gestattet hätte. Bei der Vielartigkeit der Ursachen der Erdbeben ist es schwierig, eine derartige Untersuchung richtig durchzuführen. So lange nicht ein sehr umfangreiches Material von Erdbeben, u. z. namentlich der kleinen, an den Seismometern beobachteten, herrührend aus ein und derselben Gegend, benützt werden kann, bieten die Untersuchungen keine hinreichende Sicherheit. Man mufs also jedenfalls abwarten, was die Zusammenfassung der zukünftigen Beobachtungen der Erdbeben Japans noch bringen wird. *

Rubin von Birma. Der kostbarste Edelstein ist nicht, wie vielfach angenommen wird, der Diamant, sondern die als „Rubin" be-

zeichnete tiefrot gefärbte Varietät des Korund, der aus reiner krystallisierter Thonerde besteht. Schon kleine, 1—3 Karat schwere Stücke haben, wenn sie vollkommen rein und farblos sind, einen 10fach gröfseren Wert als gleich grofse Diamanten von reinstem Wasser, und für schwerere Stücke werden Liebhaberpreise gezahlt, die sich jeder Berechnung entziehen. Der wichtigste Fundort dieser kostbaren Steine ist seit jeher Ober-Birma gewesen, aber bis zur Einverleibung dieses Reiches in den indischen Kolonialbesitz Englands (1886) waren über die Art des Auftretens nur sehr ungenaue und einander widersprechende Angaben bekannt. Erst nach jener Zeit wurden die Rubindistrikte mehrfach von sachverständiger Seite untersucht, und es sind kürzlich fast gleichzeitig vom Geheimrat Bauer in Marburg und von den englischen Geologen Brown und Judd eingehende und authentische Mitteilungen darüber an die Öffentlichkeit gelangt. Der im Neuen Jahrbuch für 1896, Band II, Heft 3, erschienenen Arbeit des erstgenannten Autors entnehmen wir die nachfolgenden Mitteilungen. — Danach ist das Gestein, welches in Birma die Rubine enthält, ein körniger, zum Teil dolomitischer Kalk von meist rein weifser Farbe, sodafs er direkt als Marmor bezeichnet werden kann. In ihm eingeschlossen finden sich eine ganze Anzahl von Mineralien, von denen der Rubin zwar das weitaus wertvollste ist, aber der Menge nach am meisten zurücktritt. Am häufigsten finden sich Spinell und Chondrodit, in geringeren Mengen Apatit, Glimmer und Schwefelkies; ganz selten Hornblende, Magnetkies und Graphit. Der Rubin ist in dem Marmor immer in regelmäfsig ausgebildeten Krystallen mit abgerundeten Kanten und Ecken eingeschlossen und wird in den meisten Fällen vom Muttergestein unmittelbar berührt, bisweilen aber von demselben durch eine dünne Schicht von Umwandlungsprodukten getrennt, die aus den äufseren Teilen der Rubinkrystalle durch chemische Veränderungen entstanden sind. Die Gröfse der meisten Rubine geht von derjenigen eines Hirsekorns bis zu der einer Erbse, doch kommen, wenngleich selten, auch gröfsere Krystalle vor. Durch Auflösung und Verwitterung verwandelt sich der Kalk in einen Lehm von gelber, roter oder brauner Farbe, in welchem die eingeschlossenen Mineralien, und darunter auch der Rubin, sodann in losem Zustande sich befinden. Wird dieser Verwitterungslehm von fliefsendem Wasser ergriffen, so werden dadurch die thonigen Bestandteile ausgeschlemmt, und es bleibt ein sandiger Rückstand, der auch seinerseits samt den eingeschlossenen Mineralien vom Wasser weiter transportiert werden kann. Die Gewinnung der Rubine nun findet nur in den seltensten Fällen aus Gestein selbst statt,

während die Hauptmasse aus dem verwitterten Lehme und aus den als „Seifen" zu bezeichnenden alluvialen Flufssanden durch Waschprozesse gewonnen wird. Das Gebiet, in welchem die Rubinseifen sich finden, ist in seiner ganzen Ausdehnung noch nicht bekannt, umfafst aber nach den geringsten Schätzungen 45 englische Quadratmeilen und liegt in einem 26 Meilen langen und 12 Meilen breiten Streifen etwa 20—100 Meilen nordöstlich von Mandalay, der Hauptstadt von Birma, in der Gegend von Mogouk. Ein anderes Gebiet liegt in den Sudschijinhügeln, 15 Meilen von Mandalay, und einige andere noch zweifelhafte und wenig bekannte Fundorte nördlich von letztgenanntem Gebiete.

Was die geologische Stellung der rubinführenden Kalke anbetrifft, so stehen sich zwei verschiedene Meinungen ganz unvermittelt gegenüber. Während nach der Auffassung von Brown und Judd der Marmor eine Einlagerung in altkrystallinischen Schiefern bildet, und die in ihm eingeschlossenen Mineralien einen primären Ursprung besitzen, ist nach der Anschauung von Nötling, der das von Bauer untersuchte Material gesammelt hat, dieser Marmor aus karbonischem Kalkstein entstanden, und zwar unter der kontakt metamorphischen Einwirkung jüngerer Granite. Aus den auftretenden Mineralien läfst sich kein sicherer Schlufs darauf ziehen, welche dieser beiden Auffassungen die richtige ist, da derartige Mineralassoziationen sowohl in altkrystallinen Kalken als auch in sogenannten Kontakthöfen des Granites sich finden.

Der edle Korund tritt hekanntlich in zwei Färbungsvarietäten auf, als roter Rubin und als blauer Saphir, und nach dem heutigen Standpunkte der Erkenntnis scheint es, als wenn beide in ihrem Vorkommen sich gegenseitig ausschlössen. Nur bisweilen kommt unter der überwiegenden Menge des einen Minerals das andere in vereinzelten Stücken vor. Wenn man die einzelnen Fundorte des Rubins (Birma, Siam, Badakschan am oberen Oxus, Tian-Schan-Gebirge, Afghanistan) vergleicht, so sieht man, dafs überall edler Spinell ihn begleitet, und dafs körniger Kalk teils mit Sicherheit als Muttergestein nachgewiesen, teils mit grofser Wahrscheinlichkeit anzunehmen ist. Ganz anders beim Saphir: Dieser Edelstein ist zumeist als Bestandteil des Granites, des Gneifses oder anderer krystallinischer Schiefer nachgewiesen, und unter den Begleitern fehlt der edle Spinell durchaus. Auch die Verschiedenheit in der Färbung und die abweichende krystallographische Ausbildung beider Mineralien hängt jedenfalls mit diesen Unterschieden des Vorkommens zusammen. Die wichtigsten Saphirvorkommnisse

liegen in Siam, welches etwa $^5/_8$ der gesamten Produktion der Erde liefert (ein einziger Edelsteinhändler in London verbrauchte 1886 für 70000 Lstr. siamesische Saphire), ferner bei Zanekár im Himalaya von Kaschmir nahe der Grenze des ewigen Schnees (Muttergestein ein in Gängen einen granatführenden Gneifs durchsetzender Granit) und ferner in Ceylon.

An letztgenannten Orten kommen in den Seifen Rubine und Saphire zusammen vor, aber es scheint, als wäre auch hier das Muttergestein der ersteren ein körniger Kalk, des letzteren ein gneifs- oder granitartiges Gestein. Ganz und gar abweichend ist das Vorkommen von Saphir in jüngeren Eruptivgesteinen. Im Staate Montana in Nordamerika werden sie in grofser Zahl im Missourithale aus den goldhaltigen, glazialen Schottern gewonnen und stammen aus dem Glimmer-Augit-Andesit, einem in Gängen aufsetzenden Eruptivgestein, und in ganz analoger Weise finden sich Saphire in jugendlichen Basalten im Siebengebirge, am Laachersee, am Calvarienberge bei Fulda und an anderen Basaltpunkten. In Bezug auf ihre Herkunft sind die Meinungen geteilt. Nach der Ansicht von einigen Gelehrten sind sie primär im glutflüssigen Magma auskrystallisiert, während andere Autoren es für viel wahrscheinlicher halten, dafs das empordringende Eruptivgestein aus grofsen Tiefen Stücke von saphirhaltigem, krystallinischem Gestein mit emporgerissen und bis auf die äufserst widerstandsfähigen Saphire vollständig aufgeschmolzen und resorbiert hat. Einer solchen Auffassung widerspricht freilich der Laboratoriumsversuch, der gezeigt hat, dafs auch der Saphir in künstlichen Schmelzflüssen von der Zusammensetzung jener basischen Eruptivgesteine mehr oder weniger vollständig aufgelöst wird; es bleiben also in Bezug auf das Vorkommen und die Entstehung dieser kostbarsten aller Schmucksteine noch manche Fragen zu lösen übrig.

K. Keilhack.

Durchmesser des Mars.

Die Zahlenangaben für den Durchmesser des Mars sind, wie selbst die gegenwärtigen, mit sehr vervollkommneten Hilfsmitteln gemachten Messungen zeigen, noch recht schwankend, ein Beweis, wie schwierig derlei Beobachtungen auszuführen sind und welchen vielfachen konstanten Fehlerquellen sie unterliegen. Leverrier hatte noch den grofsen Wert von 11,1" für den Durchmesser des Mars (in der Entfernung Sonne - Erde = 1) angenommen, welcher aber durch die

Vernachlässigung des Einflusses der Irradiation völlig entstellt ist. Die sorgfältiger reduzierten Beträge liegen meist in der Nähe des Wertes 9,4″. Auch die Beobachtungen der letzten Jahre, von Hartwig, Campbell, Flammarion u. a. gruppieren sich vorzugsweise um diesen Betrag. Völlig zweifelhaft war, ob ein Unterschied in der Gröfse des Äquatordurchmessers und des Polardurchmessers beim Mars existiere, also auf eine Abplattung der Kugelgestalt hinweise. Abgesehen von der Vermutung Herschels, ist die Frage nach einer etwa vorhandenen Abplattung des Mars (nachdem sie durch Bessel, Oudemans und Winnecke verneint worden war) erst wieder seit der Marsopposition von 1862 in den Vordergrund getreten. Die seit dieser Zeit gemachten Beobachtungen neigen mehr als die früheren dazu, eine ausgesprochene Verschiedenheit der beiden Durchmesser, also eine Abplattung, erkennen zu lassen, aber in den Annahmen über die Gröfse dieser Abplattung bestehen bei den einzelnen Beobachtern noch grofse Differenzen. Seit der Entdeckung der Mars-Monde kann das Vorhandensein einer Abplattung auch theoretisch gefolgert werden, da sich diese aus den Verschiebungen der Bahnaxen und der Knotenlinien der Marstrabanten ermitteln liefse; H. Struve hat auf diese Art aus seinen Trabantenbeobachtungen von 1894 auf eine Abplattung von $^1/_{190}$ geschlossen, welcher Betrag sich dem von Kaiser 1862 aus direkten Messungen abgeleiteten von $^1/_{115}$ nähern würde. Während diese Zahlen also für eine sehr geringe Abweichung des Mars von der Kugelgestalt eintreten, hat neuestens Prof. Schur mit dem Heliometer in Göttingen für die beiden Durchmesser 9,53″ und 9,32″ erhalten, was der starken Abplattung $^1/_{47}$ gleichkommt; dieser Betrag stimmt nahezu mit der von Main 1862 bestimmten Abplattung $^1/_{39}$; die Frage nach der Gröfse der Mars-Abplattung ist, wie man aus den schwankenden Zahlen ersieht, gegenwärtig noch nicht gelöst.

Zu meinem Aufsatze „Die Bewegung der Erdrinde und ihre Messung“ möchte ich nachtragen, dafs sich eine detaillierte Beschreibung des Rebeur-Stückrathschen Horizontalpendels in der „Zeitschrift für Instrumentenkunde“ Heft 1, 1896 findet, der auch die Figuren entnommen sind. Dr. Hecker.

Bibliographisches

Wilhelm Förster: Wissenschaftliche Erkenntnis und sittliche Freiheit. Sammlung von Vorträgen und Abhandlungen (vierte Folge). Berlin 1896. Ferd. Dümmlers Verlag. Preis 4 M., geb. 5 M.

Die vorliegende Sammlung bisher nur vereinzelt und zum Teil an dem gröfseren Publikum weniger leicht zugänglichen Stellen veröffentlichter Abhandlungen umfafst die Jahre 1890 bis 1895 und schliefst sich den bereits seit 1876 erschienenen drei Bänden populärer Vorträge und Abhandlungen sowohl chronologisch als auch hinsichtlich der für die Auswahl mafsgebend gewesenen Gesichtspunkte vollkommen an. Einige von den fachwissenschaftlichen Aufsätzen dieser neuen Sammlung sind den Lesern dieser Zeitschrift schon bekannt, da sie in ihr zuerst erschienen sind; bei weitem die Mehrzahl unter den 20 Abhandlungen bewegt sich jedoch auf dem Gebiete der sozialen Ethik, welcher der Herr Verfasser bekanntlich während der letzten Jahre sich mit besonderem Eifer hingegeben hat. Die meisten von den in der deutschen Gesellschaft für ethische Kultur gehaltenen, gedankenreichen und zum Herzen sprechenden Vorträgen ihres Begründers finden wir in der vorliegenden Sammlung vereinigt, sodafs man aus ihr ein klares Bild von dem höchst idealen Kern dieser neuen Bestrebungen gewinnen kann. Obgleich sonach diese neueste Folge von Vorträgen über die in den ersten Bänden im allgemeinen eingehaltenen Grenzen der Erörterung ziemlich weit hinausgeht, betont der Verf. jedoch in dem Vorwort, dafs der Tieferblickende erkennen wird, dafs hier nur einige der Konsequenzen gezogen worden sind, zu denen viele der früher entwickelten Gedanken mit Notwendigkeit hindrängten. Gewifs zeichneten sich ja alle litterarischen Arbeiten des Herrn Verfassers von jeher durch einen besonderen, philosophischen Zug aus, der dieselben so höchst anregend wirken läfst, wenn auch manchmal das volle Verständnis nicht ohne eigene Denkarbeit des Lesers gewonnen werden kann. Wünschen wir, dafs den edlen, nicht selten mifsverstandenen Bestrebungen des Verfassers durch die vorliegende Sammlung noch recht zahlreiche, neue Freunde zugeführt werden mögen, und freuen wir uns, dafs es auch in unserem Zeitalter der Elektrotechnik noch Forscher giebt, die sich neben der kalten Verstandesthätigkeit rein wissenschaftlicher Arbeit ein warmes Herz für das innere Ringen der Menschheit nach Befreiung aus sozialer Not bewahrt haben, Forscher, die wie von einer hohen Warte aus das Getriebe des Menschenlebens „sub specie aeternitatis“ anzuschauen vermögen, anstatt zu einer blofsen Uhrfeder im Mechanismus der menschlichen Arbeit zu entarten.

F. Kbr.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Schollenhaus der Hansamänner.

Nach dem Original in „Die zweite deutsche Nordpolexpedition“ (F. A. Brockhaus).

Himmel und Erde
Gesellschaft Urania Berlin

Unser norddeutsches Tiefland.

Von Dr. P. Schwahn in Berlin.

Unser norddeutsches Tiefland ist ein Produkt des Eises; das Diluvium ist seine vorherrschende Oberflächenform, zu dem das Alluvium nur ergänzend hinzutritt. Lehm und Mergelbildungen, Kies und Gesteinstrümmer bedecken seine Hochflächen, Sand und Moorbildungen erfüllen dio Thalniederungen.

Das Vorwalten der Ebene giebt der Landschaft ein einförmiges Gepräge, das nur hier und dort unterbrochen wird durch sanftwellige Hügel sowie durch zahlreiche gröfsere und kleinere Seen, deren helle Spiegel breite Wiesensäume freundlich umschliefsen, oder endlich durch die Eichen- und Kiofornwälder, welche in dunklen Streifen die heimischen Sandflächen durchziehen. Abgesehen von manchem Fleckchen Erde, dem die Götter besonders wohlwollten, ist dies der Charakter der norddeutschen Niederung, und derselbe ist ihr im besonderen aufgeprägt worden durch die gewaltigen Gletscher, welche in grauer Vorzeit sich über das nördliche Europa hinwälzten.

Die Ausgangspunkte der Vereisung waren die hohen Gebirge. Bis weit hinaus auf ihr Vorland ergossen die Alpen ihre Eisströme, auch das Riesengebirge trug seine Gletscher, und rings um die Skandinavische Halbinsel lagerte sich ein enormer Eisgürtel, der sich über das Becken der Ostsee hinaus bis an die Gehängo des mitteldeutschen Gebirges erstreckte, stellenweise hundert, ja tausend Meter hoch den älteren Boden unseres Heimatlandes überdeckend.

Ungeheure Geröll-, Sand-, Schutt- und Grandbildungen müssen diese Riesen der Eiszeit vor und unter sich hingewälzt und wie eine Pflugschar den Boden aufgewühlt haben, denn die diluvialen Ablage-

rungen bilden stellenweise eine 100 bis 200 Meter mächtige Decke auf den Sedimenten des Tertiärs oder auf den älteren geschichteten Formationen, und nur hier und da tauchen gegenwärtig die Kerne jener älteren Gebirgsglieder als niedrige Landrücken inselartig aus der weiten norddeutschen Sand- und Lehmdecke hervor.

Das Inlandseis trug keine Oberflächenmoränen, es verfrachtete fast ausschliefslich an seiner Sohle beträchtliche Geschiebemassen, die aus Blöcken von oftmals ganz riesigen Dimensionen bestanden. In der ganzen norddeutschen Tiefebene treffen wir diese Blöcke als „Findlinge" an, in der Regel aus schönstem Granit, zuweilen auch aus Gneiss, Porphyr, Sand- und Kalkstein. Sie sind von den anstehenden Felsen unserer heimatlichen Berge so ganz verschieden, dafs sie nicht als deren Trümmer gelten können. Es sind vielmehr Fremdlinge in unserer Heimat, Splitter der schwedischen und norwegischen Berge, die durch Eistransport an ihre jetzige Stelle gelangten. Im Sande der Ebene verborgen, von Moosen und Rasen bekleidet in den norddeutschen Wäldern, in den Strafsen der Städte und an den Mauern und Häusern der Dörfer, überall begegnen wir diesen Fremdlingen; bisweilen sind sie in unglaublicher Menge so dicht gedrängt, dafs sie weite Strecken dem Ackerbau völlig verschliefsen. Manche unter ihnen sind zur Berühmtheit gelangt, wie die beiden Markgrafensteine auf den Rauenschen Bergen bei Fürstenwalde (Fig. 1), deren gröfster dreifsig Meter im Umfang mafs. Einst unbeachtet im märkischen Walde, nur von der Sagenlust des Volkes umwoben, prangt seine eine Hälfte jetzt als Riesenschale vor dem Berliner Museum.

Gerade diese Findlingsblöcke waren es, welche die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf jene Zeit eisiger Ruhe lenkten, welche Europa nach der Tertiärzeit umfangen hielt. Um ihre Herkunft zu erklären, stellte man gar wunderbare Theorien auf. So hielten Deluc und andere ein Herüberschleudern der Blöcke von Schweden her nach Deutschland nicht für unmöglich; minenartige Explosionen, deren Schauplatz die skandinavischen Berge waren, sollten ihre Bomben über England, Holland, Norddeutschland und Rufsland ausgeschüttet haben. Leopold v. Buch dachte an eine gewaltige Rollsteinflut, welche die Gesteinstrümmer von ihrem Stammfels fortführte und auf die höchsten Berge warf, und Lyell endlich ersann seine Drifttheorie, wonach die nordischen Findlinge, auf Eisbergen verfrachtet, über ein Urmeer, das bis an den Fufs der mitteldeutschen Gebirge reichte, zu uns gelangt sein sollten, etwa ähnlich so wie heute noch Eisberge

aus der Baffinsbai in die wärmeren Meere treiben und bekanntlich an den Küsten New-Foundlands Schutt und Blöcke abladen.

Erst in neuerer Zeit gelang es, das Rätsel des erratischen Phänomens zu lösen. In den Jahren 1848 bis 51 machte der dänische Gelehrte Rink seine Grönlandreise[1]) und brachte die erste Kunde von dem gewaltigen Leichentuch, das jenes Land überspannt hält, nach Europa. Andere mutige Männer zogen bald hinaus in die arktische Eiswüste, und einer unter ihnen, der Schwede Otto Torell, konnte als



Fig. 1. **Der grofse Markgrafenstein bei Fürstenwalde.**
Aus der einen Hälfte dieses Steins ist die Granitschale vor dem Berliner Museum gefertigt worden.

Frucht der daselbst gesammelten Eindrücke zunächst für seine Heimat, später im Jahre 1875 für einen grofsen Teil Europas die Inlandseistheorie verkünden, auf deren Boden weiter bauend, unsere deutschen Forscher die eiszeitlichen Verhältnisse unserer Heimat tiefer ergründet haben.

Es war Rüdersdorf, das uns Berlinern wohlbekannte Fleckchen Erde, woselbst Torell zuerst die deutschen Geologen mit den Spuren der Inlandsvereisung bekannt machte. Wer dorthin hinauszieht, nicht blos um das Schauspiel eines Bergsturzes zu erleben, sondern um ein

[1]) Vergl. H. Rink: Die Eisdecke Grönlands als ein Rest der Glazialzeit unserer nördlichen Erdhälfte. Himmel und Erde, III. Jahrgang, 1891, S. 293.

Stück Naturgeschichte des heimatlichen Bodens kennen zu lernen, der wird auf den Schichtenköpfen des Muschelkalkes beim Alvenslebenbruch manches Beachtenswerte finden. Gleich zu Anfang des Dorfes, im alten Grund, haben wir Gelegenheit, inmitten grüner Sträucher ein einfaches Denkmal aus nordischen Geschieben zu betrachten, welches ein Verehrer des schwedischen Forschers demselben gesetzt hat. Es trägt die schlichte Inschrift: „Otto Torell, Geologe" und deutet damit an, dafs Rüdersdorf ein klassischer Boden für die Glazialforschung ist. In der That giebt es nur wenige Oertlichkeiten im norddeutschen Flachland, wo so ungetrübte Zeichen der Eiswirkung uns entgegentreten wie gerade an dieser Stelle. Der feste Triasfels ist gleichsam die Schreibtafel gewesen, auf welcher die Gletscher der Vorzeit ihre Dokumente eingeschrieben haben, und dafs sich diese Dokumente so vortrefflich erhielten, ist der Grundmoräne zu danken, welche als dünne Decke die Felsschichten überlagert und sie so gegen den Einflufs der Verwitterung geschützt hat. Wird der Geschiebemergel weggeräumt, was vor dem Abbau des Muschelkalkes regelmäfsig auf der östlichen Seite des Alvenslebenbruches zu geschehen pflegt, so treten in wunderbarer Frische erhaltene Felsschliffe zu Tage, so vollkommen glatt, wie sie nur durch die Schleifwirkung der unter enormem Drucke über die Gesteinsfläche hingleitenden Gletscher geschaffen werden konnten. Auf den glatten Flächen der Kalkschichten sind parallele Ritzen und Schrammen (Fig. 2) von grosser Schärfe der Zeichnung zu beobachten, die dadurch entstanden sind, dafs harte Geschiebe der Grundmoräne auf dem weicheren Untergrundgestein fortgeschoben wurden und dasselbe schrammten. Die Schliffe mit ihren Ritzen stimmen ihrer Natur nach vollkommen mit den polierten Flächen und parallelen Streifen überein, welche bereits Venetz (1821) an den ausgefurchten und ausgeschrammten Gletscherthälern der Schweiz beobachtet hatte, und in denen schon Charpentier (1835) ein wesentliches und unbestreitbares Merkmal der einstigen Anwesenseit von Gletschern erblickte. Bekannt waren diese Rüdersdorfer Glazialschrammen schon seit Ende der dreifsiger Jahre, doch sind sie lange Zeit in Vergessenheit geraten, bis Torell sie von neuem im November 1875 am blofsgelegten Muschelkalk östlich vom Alvenslebenbruch auffand und die Aufmerksamkeit der Geologen darauf lenkte. Später sind ähnliche Erscheinungen an zahlreichen Punkten Norddeutschlands beobachtet, wo fester Felsboden unter dünner Diluvialdecke, die leicht beseitigt werden konnte, zu Tage tritt.

Es gehören hierher nach einer Zusammenstellung von Wahn-

schaffe[2]) die Porphyrkuppen in der Umgebung von Halle (Galgenberg) und bei Landsberg (Kapellen-, Rainsdorfer- und Pfarr-Berg), diejenigen bei Hohburg, Oschatz und Taucha unweit Leipzig, ferner die geschrammten Sandsteine bei Velpke und Danndorf im Braunschweigischen, die Schrammen des Piesberges bei Osnabrück (produktives Steinkohlengebirge), des Culmsandsteins bei Gommen unweit Magdeburg und andere mehr. Aus dem Verlauf der Schrammen hat man auf die Bewegungsrichtung des Eises geschlossen; Wahnschaffe

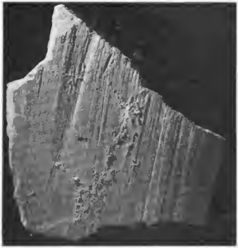


Fig. 2. **Gletscherschrammen auf dem Rüdersdorfer-Kalkstein.**

konnte feststellen, dafs das Inlandseis sich radial über das norddeutsche Flachland von Skandinavien aus verbreitet hat.

Felsschliffe sind das älteste und sicherste Dokument der Glazialzeit, aufserdem aber findet man noch in Rüdersdorf und anderswo die ebenfalls für die Gletscherthätigkeit so bedeutsamen „Riesentöpfe oder Strudellöcher“, welche durch Wasserstrudel und Steine, die sich darin bewegten, in den Felsboden so zu sagen eingebohrt sind und nur durch ehemalige Gletschermühlen gebildet sein können (Figur 3).

[2]) F. Wahnschaffe: Die Ursachen der Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes, Stuttgart, 1891, Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde, Bd. VI, Heft 1. Ferner Ebenderselbe: Unsere Heimat zur Eiszeit, Berlin 1896.

Treffen nämlich Gesteinsbruchstücke, die das in die Spalten des Eises stürzende Schmelzwasser mit sich reifst, auf natürliche Vertiefungen des felsigen Bettes, so fahren sie, ein oder ein paar Male herumgeschleudert, anfangs wieder heraus; mit der Zeit aber bleiben sie, durch neue Wasserstrudel zurückgeführt, in den allmählich vertieften Höhlungen zurück und bilden Reibsteine, mit deren Hilfe die Wasserkraft Löcher von ansehnlichem Umfang austieft. Unter der fortwährenden Umdrehung an den Wandungen des Kessels wird manches Felsstück zum eiförmigen Rollstein geschliffen, mancher Rollstein zu Sand und Schlamm zerrieben, den das nachstürzende Wasser herausspült.

Das ist die Entstehungsgeschichte der oft bis 2 m tiefen Strudellöcher, die man im Muschelkalk von Rüdersdorf antrifft. Bei einzelnen derselben lässt sich die für die Ausspülung so charakteristische Schleifrinne deutlich erkennen, oder man findet gar noch den Reibstein am Boden des Kessels (Fig. 3 u. 4). Die Rüdersdorfer Riesentöpfe stehen nicht vereinzelt da, auch in anderen Gegenden hat man solche aufgefunden. Berendt entdeckte sie im Gips von Wapno bei Exin (Posen), ferner im Fayencemergel von Westerweyhe bei Ülzen, Gruner in Oberschlesien auf dem Muschelkalk bei Krappitz und Gogolin. Man hat sich freilich gestritten, ob man es hier überall mit wirklichen, durch Gletschergewässer erzeugten Strudellöchern zu thun hat. Aber es kann die Wichtigkeit dieses Dokumentes der Eiszeit wohl kaum beeinträchtigen, dass ähnliche cylindrische Vertiefungen — die sogenannten geologischen Orgeln — auch durch den Kohlensäuregehalt der Sickerwässer erzeugt sein können, der bekanntlich auf den Kalk zersetzend einwirkt und als Rückstand einen braunroten Lehm zurückläfst, denselben Lehm, welcher in den Dolinen des Karstes die fruchtbare Ackererde bildet. Bei einzelnen der Rüdersdorfer Kessel, die unregelmäfsig gestaltete Wände und den braunen Absatz am Boden zeigen, ist diese Entstehungsart zweifellos zutreffend, aber es giebt auch zahllose andere, welche alle charakteristischen Spuren wahrer Strudellöcher an sich tragen. Überdies haben wir ja in ehemals vereisten Gebieten, wo jetzt die Eisdecke das Feld geräumt hat, unzweideutige Beweise für die Erosionsthätigkeit des Schmelzwassers. In dem seit 1872 dem Publikum zugänglichen Gletschergarten von Luzern (Fig. 3) hat ein Strudelloch bei 5 m Durchmesser eine Tiefe von 3 m, bei Bern sogar ein solches eine Tiefe von 5 m. Das gröfste, bis jetzt bekannte liefs der norwegische Geologe Kjerulf in der Nähe von Christiania von dem eingeschwemmten Sand und

den Geschieben säubern. Während 50 Tagen hatten die Leute hiermit vollauf zu thun; 24 grofse Steine mufsten gesprengt werden, und als endlich der Riesenbrunnen leer war, lag am Abhang eine Schutthalde von 80 Kubikmeter Inhalt. Bei einem Gewicht von 3 Centnern mafs einer der übrig gebliebenen Reibsteine einen halben Meter im Durchmesser. Oben 2,7 m weit, senkte sich das Strudelloch mit spiralförmig niedergehenden Wänden 12,2 m im kristallinischen Granitgestein herab.

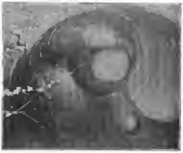


Fig. 3. **Strudelloch mit Reibstein aus dem Gletschergarten von Luzern.**

Rauhe, zackige Erhöhungen des Gletscherbodens werden auf der dem Gletscherstrome entgegengesetzten Seite abgerundet, geglättet und so zu eigentümlichen Reliefformen herausgestaltet, die man „Rundhöcker“ genannt hat. In der französischen Schweiz hat man solchen bearbeiteten Felsflächen den Namen „roches moutonnées“ gegeben, weil sie in der Entfernung den Eindruck einer niederkauernden Schafherde machen sollen. Nun, auch solche Erscheinungen weist der alte Gletscherboden unserer Heimat vielfach auf. Auf der Abrasionsfläche der Rüdersdorfer Kalkberge kann man bemerken, wie die Schichtenköpfe vollkommen abgerundet sind; andere derartige Abschleifformen des anstehenden Gesteins werden bei Kamenz (Fig. 5) und anderswo im norddeutschen Flachland in gröfserem Mafsstabe angetroffen. In der Schweiz kann man die Grenzlinie, bis zu welcher die Felsen durch die Gletscher der Eiszeit geglättet und gerundet sind (Fig. 6), scharf und genau



Fig. 4. **Strudellöcher im Muschelkalk von Rüdersdorf.**

unterscheiden, denn oberhalb dieser Linie erscheint das Gestein plötzlich schroff und zerrieeen, rauh und eckig. Verfolgt man diese Grenzlinie thalaufwärts, so bemerkt man, wie eie zuletzt mit der Grenzlinie des jetzigen Gletschers zusammenfällt, während sie tiefer im Thal das gegenwärtige Niveau des Gletschers bis auf 700 m und mehr überragen kann, wie diee zum Beiepiel beim Unteraargletscher der Fall ist. Es bedarf also keiner allzu grofsen Phantaeie, um eich eine Vorstellung von der Höhe der ehemaligen Inlandeeisbedeckung der Schweiz zu machen. Das Bild, welchee die Alpenländer damals darboten, kann kein anderee gewesen eein als dasjenige, welchee der eiegepanzerte grönländische Kontinent jetzt noch zeigt, wo ja auch nur die Gipfel der höchsten Berge — die Nunatacker der Dänen — aus der alles bedeckeuden, gewaltigen Eiewüete emporragen.

Auf nicht minder hohe Vergletecherung als in der Schweiz weisen die Scheuermarken der skandinavischen und echottiechen Berge hin. In Norddeutschland fehlen freilich die hohen Gebirge und damit auch der Mafsetab, welcher eine Höhenechätzung des Eispanzers ermöglicht, aber aue Analogieschlüssen und aus dem Umstand, dafs an den Gehängen des Harzes, in Schleeien und in Westgalizien, also am Abschmelzungsrande dee Eisee nordische Wanderblöcke in 400, ja 500 Meter Meereshöhe abgelagert wurden, mufe man auf eine enorme Dicke bis zu 1000 m des einstmals den heimatlichen Boden bedeckenden Landeisee schliefeen. Natürlich war dae baltieche Meer während dieser Zeit ganz vergletschert, und ebensowenig konnte die eeichte Nordsee den vordringenden Eiemassen Halt gebieten.

Bieher haben wir die Spuren betrachtet, welche die vorzeitlichen Gletscher infolge ihrer gewaltigen Druckwirkungen auf dem hier und dort anetehenden festen Felsboden Norddeutschlands hinterlassen haben. Wenden wir une nun den aus Sanden, Granden, Thonen und Lehmmergeln beetehenden lockeren Ablagerungen uneeree Tieflandes zu, welche ale mächtiger Teppich die Bildungen des Tertiärs und der älteren Formationen überkleiden. Die Frage nach dem Ureprung dieser Massen drängt sich eofort auf, und die Antwort darauf lautet: Der Boden uneeres Heimatlandee ist, von den rezenten Anschwemmungen der Ströme abgeeehen, das Auswaschungs- und Schlemmprodukt der eiezeitlichen Grundmoränen, und dieee Grundmoränen selbet sind aus der Zermalmung und Zerreibung des Felsuntergrundes entstanden, über welehen das von Norden vordringende Inlandseis sich hinweggewälzt hat.

Das Studium der diluvialen Ablagerungen hat zu der wich-

tigen Erkenntnis geführt, dafs nicht eine, sondern zwei nach einander folgende Inlandseisbedeckungen in Nordeuropa stattgefunden haben,



Fig. 5. **Rundhöcker im Spittelforst von Kamenz**
(Nach Wahnschaffe).



Fig. 6. **Rundhöcker am Grimselpafs.**

zwischen denen ein interglaziales Zeitalter lag. Man hat nämlich im südlichen Schweden, in Dänemark, Holstein, Mecklenburg, Brandenburg und Preufsen zwei wesentlich verschiedene Blocklehmbildungen

oder Grundmoränen gefunden, welche durch besondere, aus Sanden, Kiesen und Thonen bestehende, organische Überreste enthaltende Schichten — die interglazialen — von einander getrennt sind. Die untere, überaus stark entwickelte Grundmoräne schreibt man der ersten Vereisung zu, während die zweite, weniger mächtige auf eine nachfolgende Inlandseisbedeckung zurückgeführt wird. Auch hat man neuerdings feststellen können, dafs die Grundmoräne der ersten Vereisung nicht direkt auf den Gliedern des Tertiärs zur Ablagerung gelangt ist, dafs vielmehr stellenweise voreiszeitliche Schichtenbildungen unter dem unteren Geschiebemergel liegen, die sich, wie diejenigen der Interglazialzeit, aus Sanden, Kiesen und Thonen zusammensetzen und organische Reste enthalten. Die Fauna und Flora dieser Schichten deutet auf ein noch verhältnismäfsig warmes Klima hin, und man darf hieraus wohl mit Recht schliefsen, dafs die Gletscher sich nicht plötzlich über Europa ausdehnten, sondern sehr allmählig von Norden vorrückten. Während dieser Übergangszeit hat auch eine stetige Änderung der klimatischen Verhältnisse in Deutschland stattgefunden.

Solche präglazialen Schichten sind von Keilhack und Wahnschaffe an mehreren Stellen Norddeutschlands aufgefunden worden. Keilhack fand sie unter anderen bei Belzig an der Berlin-Wetzlarer Bahn, bei Görzke in der Provinz Sachsen, an einzelnen Stellen der Lüneburger Heide, bei Uelzen und bei Rheinsberg in der Mark. Die in diesen Schichten enthaltenen Süfswasserkalke, welche sich in präglazialen Seebecken abgesetzt haben, enthalten eine reiche Fauna und Flora, so unter anderen die Reste von Hirsch, Dammhirsch, Reh und Rind, von Fischen den Hecht, Karpfen und Barsch, ferner sind Spuren von Eiche, Kastanie, Birke, Pappel, Ahorn, Kiefer und Linde, sowie anderen den Waldbäumen der Gegenwart analogen Formen vertreten. Das Gesamtbild der Fauna und Flora ist also demjenigen der heutigen Zeit sehr ähnlich, was auch auf gleiche klimatische Verhältnisse schliefsen läfst; ja der Umstand, dafs eine unter diesen Formen vorkommende Sumpfschnecke, die Paludina diluviana, seit Ablauf der Eiszeit nicht wieder in ihre Heimat zurückgekehrt ist, wohl aber jetzt noch an der unteren Donau lebt, rechtfertigt die Annahme, dafs das präglaziale Klima ein mehr südlicheres Gepräge gehabt haben mufs als das gegenwärtige.

Präglaziale Ablagerungen sind ferner von Wahnschaffe in der Potsdamer Gegend, in den Thongruben von Werder und Glindow beobachtet worden. Der Thon, welcher daselbst eine ausgedehnte

Ziegelfabrikation bedingt, ist in Sanden eingebettet, denen ein auffällig wirres Durcheinander der Lagerung — die sogenannte „Kreuzschichtung“ — eigentümlich ist. Die Sande sind offenbar durch Gewässer, welche fortwährend die Richtung ihrer Strömung veränderten, abgesetzt worden, während die Thone sich in ruhigen Seebecken bildeten. Man geht wohl nicht fehl, wenn man annimmt, dafs dieses Wirrwarr der Schichtung auf die wilde, mäandrische Thätigkeit der Gletscherströme des von Norden vordringenden Inlandseises zurückzuführen ist. Das durch die Ströme aus der Grundmoräne ausgeschwemmte Sandmaterial wurde weit nach Süden hin über die anfänglich noch unvereiste Gebiete zerstreut; die Sande verbauten den Wasserfluten die Rinnen, sodafs diese stets andere Betten suchen und ihre Stromgeschwindigkeiten fortwährend verändern mufsten. Von den dadurch bedingten Störungen sind die allmählich sich absetzenden Sande mit betroffen worden, was ihre so eigenartige Kreuzschichtung erzeugte. Haben doch Torell, Credner, Keilhack und andere Forscher ähnliche Schichtenstörungen in den Sandmassen bemerkt, welche durch Wasserfluten aus den jetzigen isländischen und norwegischen Gletschern ausgeschwemmt wurden.

Diese präglazialen Sand- und Thonablagerungen sind also unter der Einwirkung des herannahenden Inlandseises entstanden, indem die älteren Formationen der norddeutschen Tiefebene vor der eigentlichen Eisbedeckung durch die zahlreichen Gletscherströme denudiert und umgearbeitet wurden, oder die Ströme aus der Grundmoräne selbst das feine Material ausschlemmten. Durch die Invasion der Wasser- und Schlammfluten wurde auch die präglaziale Fauna und Flora vernichtet.

Es kam jetzt die Zeit der ersten Vereisung. Das Inlandseis schob sich weiter nach Süden vor und bedeckte mit der Grundmoräne, die es unter seiner gewaltigen Kruste mitschleppte, die unteren Diluvialsande. Diese Grundmoräne, welche der Schwede Bottengrus oder Kroestensgrus, der Däne Rollstenelera, der Franzose argile glaciaire, der Engländer boulder-clay und Till, wir dagegen Blocklehm oder Geschiebemergel nennen, mufs als das vornehmste und sicherste Kennzeichen der früheren Eisbedeckung gelten. In Norddeutschland hat dieselbe eine überaus grofse Verbreitung; sie tritt hier, so zu sagen, bodenbildend auf. In der Umgebung von Berlin besteht der bei weitem gröfste Teil der beiden Hochflächen des Barnim und des Teltow aus Geschiebemergel, welcher unter der aus einem lehmigen Sande gebildeten Oberfläche regel-

recht in einigen Metern Tiefe folgt. Wer nach Rüdersdorf hinauswandert, um dort glazialen Studien obzuliegen, der hat auf dem Wege an der Ostseite des Kalksees von Woltersdorf bis Rüdersdorfer-Grund vielfach Gelegenheit, den unteren Geschiebemergel oder die Grundmoräne der ersten Vereisung an der erodierten Steilwand des Barnim-Plateaus kennen zu lernen. Völlig unversehrt tritt freilich hier sowie an allen anderen Orten die Grundmoräne nicht zu Tage, denn in dem langen Zeitraum, der seit der Eiszeit verstrichen, ist unter dem Einflufs der Atmosphärilien der Charakter der obersten Decke des Geschiebemergels wesentlich umgestaltet worden. Durch das Eindringen des Kohlensäure enthaltenden Regen- und Schneewassers ist den obersten Partien der Kalkgehalt entzogen worden, wodurch der Geschiebemergel in einen dunkel gefärbten, gelb- oder rotbraunen Lehm umgewandelt worden ist. Durch Zersetzung der Feldspathe und anderer Silikate, sowie durch Ausschlemmung der tbonigen Gemengteile ist aus diesem Lebm dann ein lehmiger Sand entstanden, der in weiten Gebieten Norddeutschlands die Ackerkrume bildet. Noch weiter in die Tiefe reicbt die durch den Sauerstoff bedingte Oxydation der Eisenverbindungen. Während der unverwitterte Geschiebemergel durch die in ihm enthaltenen Eisenoxydulsalze dunkelblau oder graublau gefärbt ist, geht diese Färbung durch Oxydation in den oberen Teilen in gelbgrau über, und erst unter einer Schicht von mehreren Metern Dicke (in der Mark gewöhnlich 1—2 m) trifft man den unverwitterten blaugrauen Geschiebemergel an. Er ist im feuchten Zustande eine zähe, im trockenen eine so harte Masse, dafs zu seiner Beseitigung bei Eisenbahnbauten oft Sprengmittel angewendet werden müssen; tritt er an das Meer heran, so bildet er bisweilen Steilwände, die wie festes Gestein dem Anprall der Wogen trotzen.

Besonders aber ist der Geschiebemergel durch den Mangel jeglicher Schichtung ausgezeichnet. Er kann also kein Meeresabsatz sein, wie es die Drifttheorie verlangt; bei näherer Untersuchung dokumentiert er sich als ein feiner Gesteinsdetritus, der seiner Beschaffenheit nach dem getrockneten Grundmoränenschlamm jetziger Gletscher ganz ähnlich ist. Leider ist es noch nicht möglich gewesen, unter das grönländische Inlandseis einzudringen und Proben der Grundmoräne desselben zum Vergleich heranzuziehen. Wir müssen uns in dieser Beziehung mit einer Untersuchung von H. Credner begnügen, dem es gelungen ist, unter den Pasterzengletscher am Fufse des Grofsglockners weit vorzudringen und daselbst die Grundmoräne in ihrer typischen Ausbildungsweise zu beobachten. Mitgebrachte

Proben dereelben zeigten nacb ihrer Trocknung bezüglich Farbe und Struktur eine täuschende Ähnlicbkeit mit dem norddeutscben Geechiebelebm. Credner konnte überdiee beobacbten, dafs die Grundmoräne des Pasterzengletschers nicbt überall gleicbmäfsig entwickelt ist. Wo reicbliche Wassermassen durch Spalten bis zum Boden des Gletscbers drangen, da fand eine Auslaugung der thonigen und kalkigen Teilchen statt, und es blieben als Rückstand Sande und Kiese, die häufig geschichtet waren. Etwas Ähnlichee zeigt auch die



Fig. 7. Geschiebe.
Die oberen sind durch Wasser abgeschliffen, die unteren durch Gletscher gekritzt.

eiszeitliche Grundmoräne; sie etellt kein zusammenhängendes Ganzee dar, sondern wird häufig unterbrochen durch sandige und geröllhaltige geecbicbtete Ablagerungen, die dem Geschiebemergel eingelagert sind und durch die unter dem Eise zirkulierenden Schmelzwasserströme entstanden sein können.

Neben dem Mangel an Schicbtung iet der Geschiebemergel besonders als Grundmoräne gekennzeichnet durcb seine Erfüllung mit zahllosen Gesteinsblöcken — den eogenannten Geschieben —, welche ohne Sonderung nach Gröfse und Schwere ordnungslos darin verpackt sind. Nicbt selten zeigen diese Geechiebe Ritzung und Streifung (Fig. 7), welche offenbar von dem Scbub und Druck des Inlandseises über eine Unterlage hin herrühren oder auch von der Quetschung,

welche im Eise eingeschlossene Steine auf einander aueühten. Wasser mit Steinen beladen, die gegen einander stofsen, kann solche Ritzen nioht hervorbringen, es hewirkt höchstens Abrundung. Überhaupt unterscheiden sich die Moränengeschiebe des norddeutschen Tieflandes gegenüber den durch die Meeresbrandung ahgerundeten Rollsteinen, wie wir solche in schönster Vollendung zu tausenden auf dem Heiligen Damm hei Dohheran vorfinden[3]), durch ihre eckigen Formen, die höchetens kantengerundet eind. Auch diese Thatsache läfst sich nur mit der Annahme von Gletschern, schwer mit derjenigen von Meereswellen im Sinne der Drifttheorie als wirkende Ursachen vereinigen.

Aus der Art der Geschiehe, welohe die Grundmoränen beherhergen, kann man die Heimat der verschleppten Blöcke feststellen und so einen Überhlick über die Bewegung des Inlandeeises gewinnen; namentlich ist der Ort ihrer Ahstammung eicher und leicht zu beetimmen, wenn es sich um Sedimentgeteine handelt, deren oft eingeschlossene Versteinerungen als Richtschnur dienen können. In demjenigen Teil des norddeutschen Flaohlandes, welcher östlich von der Elhe liegt, hesonders in Preufsen, Posen und Schlesien, trifft man vorherrschend solche Gesteine als Geschiehe an, deren Heimatsgehiet die russischen Ostseeprovinzen sind. In Mecklenburg, Pommern und der Mark Brandenburg herrschen nehen diesen auch Geschiebe schwedischen Ursprungs vor; weetlich von der Elhe in Sachsen, Hannover, Oldenburg prädominieren fast ausechliefslich echwedische Felsarten, untermischt mit solchen, welche in der Umgehung von Christiania anstehen. Zu der Geschiehebedeckung Grofshritanniens hahen dagegen ausschliefslich die norwegiechen Berge das Material hergegehen.

Im speziellen haben in Ost- und Westpreufsen die Granite der Ålandsinseln und die finnischen Rappakiwi-Granite grofse Verbreitung, und daneben sind die aus den ruseischen Ostseeprovinzen etammenden Silurkalke hesonders häufig. Die Silurkalke erfüllen namentlich den oberen Gesohiehemergel des ganzen norddeutschen Flachlandes.

[3]) Auf dem heiligen Damm liegen geschliffene Gerölle von Feuerstein, Granit, Syenit, Porphyr, Jaspis, Quarz, Hornblendenschiefer, Feldspath usw., also eine ganze Auswahl nordischer Gesteine, die einem Moränenzug entstammen, der sich an dieser Stelle am Boden der Ostsee fortsetzt. Zwischen dem Damm und Warnemünde tritt dieser Moränenzug ans Meer; der Geschiebemergel bildet daselbst eine Steilküste. Der Sage nach soll der heilige Damm im 12. oder 15. Jahrhundert in einer Nacht unter heftigem Sturm und Unwetter entstanden sein, als die Anwohner der Küste eben um göttlichen Segen zu einem am andern Tage zu beginnenden künstlichen Damm gefleht hatten.

Bei Königs-Wusterhausen in der Mark kommen sie in so bedeutender Menge vor, dafs Kalköfen von ihnen gespeist werden, und sie für anstehend galten. In Mecklenburg und Brandenburg fehlen neben dem vorwiegenden Granit und Gneifs die übrigen krystallinischen Schiefer nicht, auch Porphyre, Diorite und Gabbro, sowie die im südlichen Schweden (Schonen) vorkommenden Basalte und Phonolithe sind vorhanden; weiter westlich dagegen findet man hauptsächlich Geschiebe norwegischen Ursprunges, darunter die charakteristischen Rhombenporphyre und Zirkoneyenite. Stets walten die eruptiven Gesteine gegenüber den sedimentären vor, was leicht erklärlich ist, da weichere Felsarten bei dem langen Transport zu Gesteinsdetritus in der Grundmoräne verarbeitet wurden. Der grofse Kalkgehalt des Mergels ist diesem Umstande beizumessen.

Aufser den typisch nordischen Geschieben enthält die Grundmoräne auch solche, die vom Verwitterungsschutt oder von Trümmern des anstehenden heimischen Felsbodens, über welchen das Inlandseis fortbewegt wurde, herstammen. Die Massenhaftigkeit der mitgeschleppten Gesteinstrümmer bedingt in solchen Fällen eine lokale Eigentümlichkeit der Grundmoräne, sodafs man mit Wahnschaffe von einer „Lokalmoräne" sprechen kann. Bruchstücke des Rüdersdorfer Muschelkalks sind in dieser Weise in der Umgebung des Mutterfelsens weit ausgestreut worden; die Feuersteinknollen und Kreidebrocken des norddeutschen Diluviums stammen von den Kreidefelsen auf Rügen und Möen her. Von der tertiären Braunkohlenformation sind ganze Schollen abgerissen und in den Geschiebemergel hineingewalzt worden, was nicht selten zu irrtümlichen Schlüssen über das Vorkommen der Braunkohle geführt hat. Auch der Bernstein ist bisweilen von seiner tertiären Lagerstätte durch die Gletschermoräne in die diluvialen Sande verschleppt worden.

Aber das Inlandseis hat nicht nur Gesteinsmaterial zerstreut, es hat auch durch den enormen Druck Einwirkungen auf die Lagerungsverhältnisse der älteren Schichten, über welche es sich hinwegbewegte, ausgeübt. Mannigfache Störungen in den oberen Teilen der Braunkohlenflötze liefern den Beweis, dafs ihre Ursache nicht auf inneren Vorgängen beruht, sondern von aufsen her kam, denn die liegenden Schichten sind weniger als die hängenden davon betroffen.

Überblickt man die gesamte Verteilung der nordischen Geschiebe im nördlichen Europa, so läfst sich ein Bild von der Verbreitung des Binneneises gewinnen (Fig. 8). Die südliche Grenze des aus dem mittleren Schweden über die Ostsee nach Deutschland vorgeschobenen

Landeises wird durch eine Linie gebildet, welcbe ungefähr durcb den Harz, das Erzgebirge und die Sudeten gegeben ist. Im Osten ergofs sich dasselbe über den Bottnischen Meerbusen und Finnland und bedeckte den gröfsten Teil des europäischen Rufslands bis nacb Lemberg, Kiew und Kasan, sowie dem nördlichen Uralgebiet. Das von Norwegen ausgebende Binneneis verbreitete sicb über Dänemark, das nordwestlicbe Deutschland und Holland bis zur Rheinmündung,

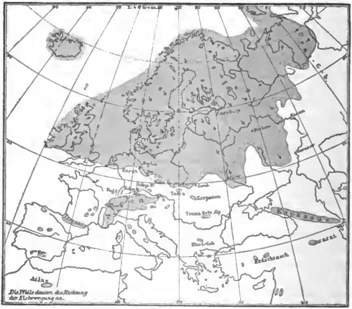


Fig. 8. **Verbreitung des skandinavischen Inlandeises.**
(Nach Penck.)

andererseits erfüllte es das gesamte Nordseebecken und vergletscherte Grofsbritannien bis zur Themse, welche daselbst die südlicbe Grenze der Eisbedeckung bildet.

Die Vergletscherung war aber nicht nur auf das nordeuropäiscbe Flacbland beschränkt, sondern alle mehr oder minder boben Gebirge unseres Erdteils bildeten während der Diluvialzeit selbständige Vereisungsherde, die freilicb verschwindend klein im Gegensatze zum Inlandseis Skandinaviens erscheinen. Gröfsere Ausdebnung gewannen die Gletscher in den Alpen, im Kaukasus und den Pyrenäen, weniger be-

deutende Eisdecken haben aber auch die Tatra, das Riesengebirge, der Böhmerwald, der Harz, der Schwarzwald und die Vogesen getragen.

Für die Bestimmung der Richtung, in welcher die Bewegung des nordeuropäischen Binneneises erfolgte, haben wir zweierlei Anhaltspunkte. Der eine besteht, wie bereits angedeutet wurde, darin, dafs man nach dem Heimatsort der durch die Grundmoräne verschleppten Geschiebe forscht, den anderen bietet die Richtung der Gletscherschrammen auf dem Felsgestein unter der Grundmoräne dar. Diese Richtung verläuft bei den in Norddeutschland und im südlichen Schweden beobachteten Schrammen von Norden nach Süden; sie deutet also ähnlich wie die Wanderblöcke eine radiale Ausstrahlung des Eises von Skandinavien her an. Eigentümlicher Weise hat man aber auf dem Muschelkalk von Rüdersdorf, auf dem Räth-Sandstein von Velpke und Danndorf, sowie auch auf Bornholm und Seeland Schrammensysteme gefunden, die das erstgenannte Schrammensystem durchkreuzen, indem deren Verlauf ein ost-westlicher ist. Diese Thatsache in Verbindung mit der weiteren, dafs das norddeutsche Diluvium zwei wesentlich verschiedene Grundmoränen, den oberen und unteren Geschiebemergel, aufweist, hat zu der Annahme einer nachfolgenden, jüngeren Eisströmung geführt, die von Finnland aus über Livland und Esthland nach Westen umbog und das nördliche Deutschland bestrich. Man darf indes sich nicht verhehlen, dafs das Kriterium jener jüngeren baltischen Vereisung, welches auf den Schrammen basiert, noch manche dunkle Punkte an sich trägt. Die zweite Vereisung erforderte unbedingt die Wegräumung der ersten Grundmoräne, um auf der gesäuberten Schreibtafel ihre Merkmale einkratzen zu können. Wo ist nun diese geblieben? Nimmt man an, dafs die interglazialen Gletscherströme das Werk der Säuberung übernommen haben, so entsteht sogleich die weitere Frage, waren diese Ströme nicht mächtig genug, um die schwachen Schrammen der ersten Inlandseisbedeckung wieder abzutragen, zumal da der Einflufs der Kälte noch mit ins Spiel kam. Mit Rücksicht auf dieses Dilemma sagt Haas: „Zu mehr als Folgerungen ganz allgemeiner und, sagen wir's offen heraus, teilweise noch hypothetischer Natur berechtigen uns sämtliche auf anstehendem Felsboden im norddeutschen Flachlande vorhandenen Glazialschrammen nicht."

Nachdem das nördliche Europa ähnlich wie das heutige Grönland lange Zeit unter dem Eispanzer begraben gelegen hatte, stellte sich wiederum ein milderes Klima ein; das Inlandseis begann sich

zurückzuziehen, und die untere Grundmoräne bildete jetzt den Boden, auf dem neues Leben und neue Vegetation erwachte. Die durch das Abschmelzen des Eises freigewordenen Wassermassen ergossen sich über diese Grundmoräne und schwemmten aus derselben die feineren Bestandteile aus, welche als Sande und Grande den unteren Geschiebemergel bedecken. Und noch mächtiger wurde diese Sandhülle, als beim Herannahen der zweiten Vereisung die Gletscherströme abermals den Boden aufwühlten, und die in ihnen suspendierten Sand- und Geröllmassen zur Ablagerung gelangten. So entstanden die interglazialen Sande, welche sich fast regelmäfsig übsr dem unteren Geschiebemergel Norddeutschlands vorfinden. In der Umgebung von Berlin sind sie besonders mächtig an den Thalwänden des Barnim und des Teltow entwickelt: am Kreuzberg, in der Hasenheide und den Rollbergen bei Rixdorf treten sie zu Tage.

Im allgemeinen kann der Rückzug des Eises der ersten Invasion keine allzu tief greifenden Einwirkungen auf den Untergrund ausgeübt haben; auch mufs ein so langer Zeitraum bis zur zweiten Vereisung verstrichen sein, dafs er ausreichte, um einer neuen Fauna und Flora das Leben zu schenken. In den Sanden der Interglazialzeit sind an vereinzelten Stellen Torflager aufgefunden worden, unter anderen bei Lauenburg an der Elbe, bei Klinge in der Nähe von Kottbus und in Schleswig-Holstein (Beldorf und Grofs-Bornholt). Am Grunde derselben, sowie auch in thonigen Ablagerungen hat man Flechten und Moose gefunden, die zweifellos einen arktischen Charakter an sich tragen. Wahrscheinlich sind dies die ersten Repräsentanten der Pflanzenwelt, welche sich gleich nach dem Rückzug des grofsen Inlandseises unmittelbar am Rande desselben ansiedelten und bis in die Polarregionen demselben folgten. Mit dem Eintritt eines milden Klimas während der Interglazialzeit verschwanden mehr und mehr die arktischen Typen und machten der alten Vegetation Platz, die Deutschland zur Präglazialzeit bedeckte. Blätter und Äste, welche in den erwähnten Torfmooren vorgefunden wurden, gehören der Föhre, Fichte, Eiche, Linde und einem plantanenartigen Ahorn an, während gleichfalls erhaltene Samen und Früchte auf ein wärmeres Klima hinweisen, das anscheinend dem tertiären näher stand als dem heutigen.

Eigenartiger als die Flora ist die Fauna der Interglazialzeit. Die Tiere dieser Epoche haben zum Teil einen ausgesprochen arktischen Charakter, zum Teil sind es diejenigen Formen, welche noch gegenwärtig in Mitteleuropa leben. Unter den gröfseren Landtieren tritt das mit rotbraunem, wollartigen Pelz bedeckte Mammuth (Elephas

primigenius), daneben das gleichfalls behaarte Nashorn (Rhinoceros tichorhinus) und der irische Riesenhirsch (Cervus hibernicus) uns entgegen — alles Geschöpfe, welche ihre heutigen Namensvettern an Gröfse und Kraft weit überragen. Eine schöne Sammlung von Schädeln und Beinknochen dieser eiszeitlichen Säuger weist das Berliner geologische Museum auf. Die Fundstellen der Knochen sind die Grand- oder Kiesbänke, welche am Rande des Teltowplateaus bei Britz und Rixdorf von den interglazialen Sanden umschlossen werden. In diesen Schichten wurden die Tiere eingebettet, als beim Herannahen des zweiten Inlandseises das demselben entströmende Schmelzwasser die Moränenflächen der ersten Vereisung mit Sanden und Kiesen überschüttete und alles Leben darin erstickte.

Neben dem Mammuth und dem diluvialen Nashorn hatten sich zur Interglazialzeit auch Rentier, Moschusochse und Polarfuchs, also hocharktische Tiere in Deutschland eingefunden. Verdrängt aus ihrer Heimat, den Tundren und Flufsniederungen des asiatischen Nordens, haben sich diese Tiere am Rande des Eises in südlichere Länder zurückgezogen und lebten hier gemeinsam mit Vertretern der gemäfsigten Zone, mit dem Pferd, Urstier, Auerochs, Wolf und Bär, die heute noch bei uns heimisch sind. So erklärt sich die gemischte Gesellschaft von diluvialen Säugern, deren Reste in den Kiesbänken an der Basis der interglazialen Sande aufgefunden wurden. Ganze Skelette sind niemals erhalten geblieben, und auch nur die Knochen der Riesentiere konnten den Fluten, welche sie fortwälzten, Widerstand leisten.

Und doch können wir uns von dem ausgestorbenen Mammuth und Nashorn eine sehr genaue Vorstellung machen, da die zu diluvialer Zeit eingebetteten Tierleiber sich in dem Eisboden Sibiriens fast unverändert erhalten haben. Im Jahre 1799 wurde auf der Halbinsel Bykow, unfern des Lenadeltas, ein ganz erhaltenes Mammuth entdeckt; es ist dasjenige, welches später durch Adams für die Akademie der Wissenschaften in Petersburg geborgen wurde.

Und wie viele solcher Tiere mögen den Eisbären und den Hunden der Tungusen zur Nahrung gedient haben, ehe die Forschung in jene nordischen Einöden vordringen konnte! Wir haben Anzeichen dafür, dafs bereits sehr frühzeitig ein schwungvoller Handel mit den wertvollen Stofszähnen des Mammuths von Sibirien aus betrieben wurde, denn schon Theophrast spricht davon, und bereits im 5. Jahrhundert wird das Mammuth in chinesischen Schriften erwähnt. Gegenwärtig sind die Neusibirischen Inseln nördlich vom asiatischen Festland ein Hauptfundort der Elfenbeinsammler; etwa ein Drittel

aller kostbaren Zähne, die jetzt in Umlauf kommen, stammen von den Mammuthleichen Sibiriens her.

Über die Verhältnisse, unter denen die vollständig erhaltenen Tierkadaver auf den Neusibirischen Inseln aufgefunden werden, hat Baron v. Toll, welcher die von der Petersburger Akademie 1885/86 dorthin entsandte Expedition begleitete, wertvolle Mitteilungen gemacht. Hiernach sind dieselben nicht im Eise selbst eingebettet, sondern in gefrorenen Lehmmassen, deren Liegendes Eisschichten bilden, also wohl im Eisboden, nicht aber in, sondern über dem sogenannten „Steineise", das hier gewissermafsen als bodenbildende Felsart auftritt und allem Anscheine nach einen Rest aus der Eiszeit darstellt. „Wir brauchen", sagt v. Toll, „um uns die Erhaltung dieser Leichen vorzustellen, durchaus keine Schneestürme zu Hilfe zu rufen; wenn das Eis der Gletscher, nur durch eine dünne Lehmdecke geschützt, vor dem Abschmelzen bewahrt bleibt, warum sollten die Tierleichen, die über und zwischen den Eismassen lagern, nachdem sie durch und durch gefroren und von Lehm- und Sandmassen bedeckt wurden, sich nicht eben so lange wie das Eis selbst als eisige Mumien erhalten."

Ehe wir die Lebewelt der Interglazialzeit verlassen, müssen wir noch die Frage berühren, ob der Mensch schon zu den Mitgliedern derselben gezählt hat. In aller Ausführlichkeit ist der Gegenstand bereits in diesen Blättern erörtert worden[2]; uns bleibt nur übrig, hervorzuheben, dafs der Mensch, die Krone der Schöpfung, zweifellos ein Zeuge der Eiszeit war, sich wenigstens am Rande des Inlandseises aufgehalten hat und während der Interglazialzeit selbst bis nach Norddeutschland vorgedrungen ist. Hat man doch in eisfreien Gebieten, namentlich in den zahlreichen Höhlen Süddeutschlands, Englands, Belgiens und Frankreichs Spuren der Thätigkeit und Reste des Diluvialmenschen in Gemeinschaft mit den Knochenresten der Riesensäuger gefunden, so dafs eine andere Erklärung als die ihrer gleichzeitigen Existenz unmöglich ist. Aber auch im Gebiete der Grundmoränen hinterliefs der Mensch Anzeichen seines Auftretens, so bei Weimar und Gera, bei Thiede und Westeregeln. So sind in den Travertingruben von Taubach, einem Dorfe zwischen Weimar und Mellingen, in einer ungefähr 5 m unter der Oberfläche liegenden Schicht, die namentlich durch Reste von Elephas antiquus und Rhinoceros Merckii und durch zahlreiche Conchylien-Arten charakterisiert wird,

[2]) Bayberger: Der glaziale und tertiäre Mensch. Bd. VII, 1894, S. 105

neben Überresten von Holzkohle und Asche angebrannte und zerschlagene Tierknochen sowie paläolithische Feuersteine etc. gefunden worden. Besonders bemerkenswert ist es aber, dafs neben diesen menschlichen Spuren im Jahre 1893 in der Taubacher Fundschicht ein Zahn aufgefunden wurde, der sich nach genauer Bestimmung als ein vom Menschen herrührender erwiesen hat.

Ähnlich wie der Lappe scheint der diluviale Mensch dem Ren auf allen Wanderzügen gefolgt zu sein; dieses ernährte ihn mit seinem Fleisch und Mark, gab ihm das Fell zur Kleidung, während die Knochen und Geweihe zu primitiven Werkzeugen dienten. Seinem Kunstsinn gab er mit Vorliebe Ausdruck durch rohe Darstellungen der Tiergestalten seiner Umgebung, die, in Knochen eingeschnitten, aufgefunden wurden und so neben anderen Zeugnissen ein untrügliches Zeichen menschlichen Eingreifens während der Eiszeit abgeben.

(Schlufs folgt.)

Der Kampf um den Nordpol.

Nach seinem gleichnamigen Urania-Vortrage bearbeitet von Dr. M. Wilhelm Meyer.

1. Die zweite deutsche Nordpolexpedition.

Seltsam genug ist der unbezwingliche Wandertrieb des Menschengeschlechtes. Die einen zog es unwiderstehlich dem heifsen Süden entgegen: Blutige Kämpfe tobten um die Engpässe, die Breschen, welche die granitenen Mauern der Hochalpen dahin offen liefsen, und kühner Wagemut bohrte sich unter diesen Mauern hindurch, um fortan auf bequemem Schienenwege das Land sehnsuchtsvoller Träume erreichen zu können; die anderen drängt es mit noch unbegreiflicherer Verwegenheit nach den fernen Eiswüsten der Pole, wo der Tod Alleinherrscher ist.

Drei Dinge waren es, welche hauptsächlich die Menschen immer wieder dorthin zogen, wenn auch Hunderte ihresgleichen nicht wiedergekehrt waren aus jenen Gebieten lebenvernichtender Kälte: Die Sucht nach Reichtum, Abenteurerlust und in unseren Tagen wohl auch der im Menschen niemals rastende Forschungsdrang. Der Reichtum, weil hier aus dem Meere das nordische Gold gefischt wird, der Thran: So ein Walungetüm, deren dort Rudel von 30 und mehr zugleich auftauchen, repräsentiert ein Kapital von 4000 Mark; die Abenteurerlust, weil kein Gebiet der Erde, seit es Menschen giebt, so sehr mit dem Nimbus des Geheimnisvollen umgeben war wie dieses Land der Hyperboräer, in welchem sich der gefürchtete Magnetberg befindet, der allen eisenbeschlagenen Schiffen sicheren Untergang bereitet; der edle Forschungsdrang endlich, der uns zum besseren Verständnis des Haushaltes unserer irdischen Welt führen soll, in dem jeder von uns seinen Etatsposten für Einnahmen und Ausgaben zudiktiert erhält. Eine ganze Anzahl von Fragen verbirgt sich aber noch immer hinter jenen Eiswänden, welche die Pole blockieren.

So weit es irgend ging, wagte sich der Mensch hinauf in diese unwirtlichen Gebiete und siedelte sich an, wo nur immer die Sonne im kurzen Sommer noch soviel Lebenswärme spendet, wie unsere physiologische Maschine nach allerknappstem Mafs bedarf, um den Jahreskreislauf mit seiner monatelangen kalten Nacht hier zu überstehen.

Unser Europa zwar ist in dieser Hinsicht ungemein begünstigt: Der warme Golfstrom, welcher, über den atlantischen Ozean kommend, an unseren Küsten nach Norden hin einen Ausweg sucht, bespült die Ufer Norwegens bis zum nördlichsten Vorsprunge unseres Erdteiles, dem Nordkap, unter 71 Grad Breite. Er verzehrt hier die Eisberge, mit denen der Pol sonst die Nordküsten der Kontinente berennt. Im Sommer kann der Tourist ohne alle Beschwerlichkeit und Gefahr bis hier hinauf, wo unserem omnivoren Geschlechte der Boden noch Gemüse spendet und Bäume die Hintergründe der Fjordlandschaften schmücken. Hammerfest, die nördlichst gelegene Stadt der Erde, liegt kaum einen halben Grad südlicher als das Nordkap. Dort leben dauernd an dreitausend Menschen, welche des Jahres elf Wochen lang die Sonne nicht über den Horizont steigen sehen, aber dennoch ihr Leben nicht zu vertauschen wünschen mit dem in reicheren Erdstrichen.

Hammerfest ist die nördlichst gelegene Stadt, aber nicht der nördlichste Ort überhaupt, wo dauernd Menschen weilen. Dieser liegt unter einer um zwei Grad höheren Breite, 72 Grad 48 Minuten, an der Westküste Grönlands. Upernivik heifst dieser Ort.

Einige achtzig Menschen wohnen hier in den kleinen Häuschen und Hütten; meist sind es Eskimos, welche, von der Kultur berührt, ihr nomadisierendes Leben aufgegeben haben. Zwar ihre sonstigen Lebensgewohnheiten haben sie nicht aufgeben dürfen, zu denen sie die eigenartige Natur ihrer Umgebung zwingt: Sie sind Fischer und kühne Jäger geblieben, die das Ergebnis ihres Fanges sogleich roh zu verzehren pflegen. Namentlich der thranige Seehundsspeck, dessen Geruch allein schon den unbezwinglichen Ekel jedes Europäers erweckt, ist ihre Lieblingsspeise, während sie auf vegetabilische Nahrung, die ihnen ihr Land nur in den wenigen Sommermonaten dürftig bietet, fast ganz verzichten müssen. Es ist aber kein Zweifel, dafs gerade diese Ernährungsweise jene Menschen so fabelhaft widerstandsfähig gegen die grimmige Kälte macht, der sie in ihrem langen Winter ausgesetzt sind. Zur Sommerszeit nun gar kleiden sich die guten Leute, bei einer Temperatur von 5 bis 10 Grad, oft nur in ein papierdünnes

Gewand aus Fischblasen, aus dem überdies einzelne Körperteile, beispielsweise die Kniee, nackt heraustreten. In ihren Zelten zu dieser „heifsen Sommerszeit", ja selbst nicht selten im Winter, wenn die thrangefüllte, schwelende Lampe ihren kleinen Eispalast, welchen sie sich dann bauen, erleuchtet und zugleich erwärmt, begnügen sich diese liebenswürdigen Menschen nicht selten als einziger Kleidung mit der allerdings nicht eben allzu dünnen Kruste aus Thran, Schmutz und



Upernivik, Eskimodorf auf Grönland.[1])

Lampenrufs, die sich im Laufe der Zeit auf ihrem Körper festgesetzt hat. Im Winter können diese Leute ja gar nicht daran denken, sich jemals mit Wasser zu waschen, denn letzteres gehört zu den gröfsten Kostbarkeiten, mit denen man geizen mufs. Ist aber einmal der Winter so vorübergegangen, dann ist kein triftiger Grund vorhanden, weshalb man im Sommer sich den Luxus des Waschens gestatten sollte. Man hat ja nun das weite Meer als Badewanne, in dem man sich mit Leidenschaft tummelt, das aber der eben geschilderten natür-

[1]) Abbildung aus Sievers Amerika.

lichen Kleidung, wegen ihrer Fettigkeit, nicht viel anhaben kann. Wunderbar ist es, wie diese Leute eiskalte Bäder vertragen. Virchow erzählt von einer Truppe von Feuerländern, die den Eskimos in jeder Hinsicht ungemein ähnlich sind, dass sie auf einem winterlichen Spaziergange, welchen er mit ihnen im Tiergarten machte, plötzlich mit den wenigen Lumpen, welche sie anhatten, in den mit einer leichten Eiskruste überdeckten Neuen See sprangen und dann ohne weiteres wieder den Spaziergang fortsetzten.

Im übrigen sind die Eskimos die angenehmsten Leute von der Welt: Zutraulich, gastfreundlich inmitten der kargsten Natur, wo der Kampf um das Dasein härter ist als irgend wo sonst, zärtliche Pfleger und Beschützer ihrer Kinder, gutmütig, ohne Falsch, und — vaterlandsliebend. Man bringt sie aus ihren Eiswüsten nicht fort, die bis vor wenigen Jahrzehnten alles umfafsten, was sie von unserem schönen Planeten wufsten. Dafs es jenseits Pflanzen giebt, die hügelhoch emporwachsen zu Bäumen, welche selbst oft im Winter grün bleiben, und ewig eisfreie Meere und Länder, in denen der Tageswechsel während keiner Jahreszeit unterbrochen wird, war ihnen unbekannt und unbegreiflich.

Dieses Land nun, welches unser zusammenschmelzendes Völkchen in kleinen Ansiedelungen bewohnt, gehört zu den geheimnisvollsten der Erde. Nur seine Küstenränder sind, und auch diese nur recht lückenhaft, bekannt geworden. Grönlands Ausdehnung kommt reichlich der des fünften Teils von ganz Europa gleich, ist also etwa viermal gröfser als das deutsche Reich, aber kaum ein Gebiet so grofs wie Deutschland ist davon jemals von Menschen gesehen worden. Schroff in tief eingeschnittenen Felsfjorden steigt das Land aus dem Meere empor, und wo oben der Abhang steil beginnt, deckt ihn eine hohe Eisschicht, die sich endlos, ununterbrochen über das ganze Land hinzieht.

Von der Amerika zugewandten Westküste hat sich das Eis noch am weitesten zurückgezogen, wie denn die Westküsten aller Kontinente durch verhältnismäfsig milderes Klima ausgezeichnet sind, eine Folge der wegen der Erdumdrehung vorwiegenden westlichen Winde, welche für die Westufer vom temperierenden Meere her wehen. Aber selbst von dieser Seite her waren alle Angriffe fruchtlos, in das Innere tiefer einzudringen. 1870 und 1883 versuchte es Nordenskjöld unter etwa 68 Grad Breite, 1878 Peary unter 70 Grad, der Breite von Tromsö, aber sie mufsten sehr bald wieder vor der un-

durchdringlichen Eiswildnis umkehren. Nordenekjöld namentlich wurde durch riesige Ströme im Eiee oft aufgehalten, deren wunderbare Schönheit er nicht begeistert genug zu schildern weife. Tief in ein krystallenes Bett wie aus weifsen, bläulich und grünlich echimmernden Marmorfelsen einschneidend, brauet der Strom reifsend dahin, um sich dann plötzlich donnernd unter die alles umspannende Eiedecke zu verlieren. Erst am Rande dee Inlandeises tritt er dann unter demselben wieder hervor, eeltsamerweise auch im strengsten Winter. Der mächtige Druok einer an vielen Stellen dort gewifs an tausend Meter dicken Eisdecke bringt sie unten zum schmelzen; auch mag die Eigenwärme der Erde dazu beitragen. Endlich bemerkte Nordenskjöld eigentümlich intermittierende Brunnen im Eiee, die vielleicht von heifsen Spring-Quellen (Geisern) herrühren, die ja auch im benachbarten Island zu Hause sind. Brunnen kochenden Wassers unter einer tausendmetrigen Eisdecke: Welche Gegensätze!

Eret Nansen gelang es 1888 unter dem 65. Breitengrade, Grönland von Oeten nach Weeten zu durchqueren. Der Weg, welcher dabei zurückzulegen war, ist nicht viel gröfser, als die Skandinavische Halbineel unter der gleichen Breite längs dieses Parallels mifet. Auch dort giebt es keine beeonderen Beförderungsmittel mehr, aber es bedeutet gewifs keine besondere Sportleistung, wenn man diese Strecke in zwei Wochen zu Fufs durchmifst. Nansen brauchte in Grönland auf Schlitten und Schneeschuhen anderthalb Monate zu dieser Parforcetour, die ihm nicht leicht ein anderer nachmachen wird. Er fand im Innern in der That nichte als Schnee und Eie. Wochenlang mufste er auf seinem segelbespannten Schlitten über endlose, leicht gewellte Schneeflächen hineilen, wo offenbar tiefe Alpenthäler von verwehtem Sohnee ganz ausgefüllt waren; dann kamen wieder furchtbare Eisklüfte, die das weitere Vordringen nur mit schneckenhafter Langsamkeit gestatteten.

Grönland erstreckt sich vom 60. Breitegrade mindestene hinauf bis zum 83., und vor wenigen Jahrzehnten konnte man noch der Meinung sein, dafs es vielleicht bis ganz hinauf zum Nordpol reiche. Seine Küeten wiesen direkt nach diesem ersehnten geographischen Punkte hin. Nichts war also natürlicher, ale dafs die Polarfahrer zunächst diesen Weg verfolgten; denn immerhin mufete auf so gefahrvollen Expeditionen die Nähe des Landes, und sei es auch eines noch so unwirtlichen, erwünscht sein, um sich bei Schiffbruch auf dasselbe retten und dort von der Jagdbeute zur Not leben zu können. Auf der eonet zugänglicheren Westseite aber und von dem grofsen Archipel

aus, in welchen sich gegen den Pol hin Nordamerika auflöst, hatte man in dieser Absicht in den vierziger und fünfziger Jahren die bittersten Enttäuschungen erlebt: Dort war Franklin mit seiner ganzen Expedition, 138 Mann, verunglückt, und erst mehr als ein Jahrzehnt darauf, nachdem das ganze zerrissene Inselgebiet dort durchforscht worden war, nur um das Schicksal jener Unglücklichen aufzuhellen, gelang es, einige Reste zu finden, welche die traurige Kunde gaben.

Man verlegte deshalb den Angriffspunkt für die Eroberung des Nordpols weiter nach Osten, wo man zwischen Spitzbergen und Grönland gewaltige Massen von Eis aus der Richtung des Poles nach Süden treiben sah, die von einem offenen Meere weiter nördlich Kunde zu geben schienen. Freilich waren es diese selben Eismassen, welche die Ostküste Grönlands so unzugänglich machten, indem sie dieselbe förmlich blockieren.

Durch dieses mit Eisbergen übersäete Meer so weit wie möglich nach Norden vorzudringen, hatten sich im Jahre 1869 eine Anzahl von deutschen Männern entschlossen. Wir wollen ihren Schicksalen folgen, da sie in mancher Hinsicht bestimmend für spätere Erfolge waren.

Auf einem kleinen Dampfer, der Germania, steuerte der Leiter der „zweiten deutschen Nordpolexpedition" Kapitän Koldewey, der auch die erste, mehr als Rekognoscierungsfahrt geltende Expedition führte, dem unbekannten Norden entgegen; mit ihm die beiden Astronomen Copeland und Börgen, der österreichische Oberlieutenant Julius Payer, der sich nachmals als Leiter der österreichischen Polarexpedition, von welcher wir später noch zu reden haben, neuen Ruhm erwarb, und noch dreizehn andere Männer. Der Germania, die eigens zu dem kühnen Zwecke mit besonderer Festigkeit neugebaut war, wurde die Hansa, ein angekaufter älterer Segler, beigestellt, namentlich auch um den gröfseren Teil der Kohlen, der Lebensmittel und der vielen übrigen, für eine solche Fahrt in die leblose Natur hinaus nötigen Dinge als Transportschiff mitzunehmen. Auf ihm befanden sich 14 Mann, vom Kapitän Hegemann geführt. 31 Männer also hatten sich hier zu dem Wagnis vereinigt, mit zwei kleinen Fahrzeugen in diese unbekannte eisige Welt vorzudringen, um die Frage zu entscheiden, ob das Gebiet des Pols von Landstrecken, oder von einem offenen Meere, oder endlich von unüberwindlichen Eismassen überdeckt sei.

Am 15. Juni 1869, als Europa noch in tiefem Frieden ruhte, zogen

diese Männer von Bremerhaven aus, von den Glückwünschen des persönlich anwesenden Königs Wilhelm begleitet. Längst schon hatte man den Polarkreis überschritten, und ein ununterbrochener Tag leuchtete auf der bisher günstigen Fahrt. An Jan Mayen, der kleinen auf der Grenze des grofsen Treibeisgürtels gelegenen Insel unter 71 bis 72 Grad, segelten sie vorüber, ohne jedoch in dem beginnenden Nebel jenen imposanten Vulkan, den Beerenberg, welchen dieselbe trägt, zu Gesicht bekommen zu haben. Und nun begann auch bereits der Kampf mit dem Eise, das die Meeresoberfläche dichter und dichter bedeckte. Es sind die ausschwärmenden Vorposten, welche von der ungeheueren Packeisdecke im höchsten Norden durch den stürmenden Wogendrang oder durch gegenseitige Berennung mächtiger Schollen losgebrochen sind und nun langsam, wie ein nie endender Leichenzug, ihrer sichern Auflösung im Süden entgegengeführt werden. Wehe dem Schiffe, das ihnen nicht ehrerbietig ausweicht! Die vielleicht unscheinbare Scholle taucht unter das Wasser 6—7 mal tiefer herab als sie sich über dasselbe erhebt: Vier, fünf Meter dick können solche Schollen sein, und ihre träge Masse leistet beim Anprall einen so mächtigen Widerstand, dafs man gegen eine ebenso grofse Mauer aus Granitquadern zu rennen glaubt, dem unglücklichen Schiffe zum Verderben.

Hier war es wohl noch zum Durchkommen. Das Schiff lavierte zwischen den grotesk geformten Eisbergen hin und zurück; für die Insassen scheint es, als ob die Berge kämen und gingen. Aber das Schiff der Gefährten in der Ferne hatte gröfsere Not mit diesem schwimmenden Gestein zu ertragen; es war nur ein Segler und konnte viel schwieriger ausweichen als jener Dampfer. Die Schiffe entfernten sich bedenklich weit von einander. Schwere Nebel kamen. Selbst auf offenem Meere sind sie, wie jedermann weifs, die gröfste Gefahr für den Seemann, der sie mehr fürchtet als den schwersten Sturm. Wieviel gefährlicher müssen sie hier werden, wo das Schiff von Kollisionsgelegenheiten völlig umringt ist! Die Hansa kam aufser Sicht; Signale versuchten es, ihr die nötigen Weisungen zu geben; aber als es sich endlich wieder klärte, blieb die Hansa verschwunden. Die Signale mufsten falsch verstanden sein!

Der Nebel hat die Schiffe auf Nimmerwiedersehen getrennt. Als jedes weitere Bemühen, sich wiederzufinden unnütz erschien, versuchte die Hansa, der Instruktion entsprechend, die Grönländische Küste zu erreichen, wo bei der nicht weit entfernten, von früheren Expeditionen her bekannten Clavering-Insel der Rendez-vous-Platz ausgewählt war.

Aber undurchdringliche Eismassen blockierten das Land. Zu Fufs, zu Schlitten überwindet man die umgebenden Schollen mit Lebensgefahr; da zeigt es sich, dafs der eisige Gürtel nicht bis an das Land heranreicht: Schiffbares Wasser dies- und jenseits! Will man nicht jetzt schon unverrichteter Sache wieder umkehren, so mufs man einen Weg suchen mitten durch diese treibenden Schollen hindurch, die sich mit Donnergetöse bekämpfen. Wo sich nur eine schmale Strafse nach Westen zu öffnen scheint, wird kühn hineingesteuert. Aber mit Schrecken bemerkt man, dafs die Strasse immer enger und enger wird, dafs die beiden Schollen, welche ihre Ufer bilden, dem Schiffe immer beängstigender auf den Leib rücken. Man mufs schleunigst den Rückzug antreten, um nicht in der eisigen Umarmung zerdrückt zu werden. Zahllose neue Versuche werden gemacht. Alles vergeblich! Manche Woche verging so im offensiven Kampfe mit dem Eise, bis der Herbst herankam und dem unbesiegten Elemente immer mehr und mehr Macht und Ausdehnung gab. Früher der Angegriffene, wurde es nun der Angreifer. Immer enger umzingelte es die wagehalsigen Eindringlinge, bis endlich kein Entrinnen mehr für sie war. Die Hansa, schon längst mit einer dicken Eiskruste umgeben, war eingefroren, ein Gefangener jener Macht, die es besiegen wollte! — Was das heifst, begreift wohl nur völlig, wer es miterlebt hat. Das Eis ist ein barbarischer Sieger; es begnügt sich nicht mit der Gefangennahme, es setzt auch mit dem völlig Ohnmächtigen den furchtbaren Vernichtungskampf fort. Scholle auf Scholle, sich übereinanderschiebend, rennt mit furchtbarem Getöse gegen die zitternden, ächzenden Flanken des Schiffes, um es zu zerdrücken. Keine Schrecken der ganzen Polarzone sind so grofs wie die solcher Eispressung. Das schwimmende Haus, welches das kleine Häuflein kühner Männer bis hierher trug, weit weg von jeder menschlichen Hilfe, und das alle die Habseligkeiten birgt, die für sie soviel bedeuten wie schier ihr Leben selbst, es gerät gleichsam in die Pranken eines übernatürlichen Ungetüms, gegen das kein menschliches Können etwas vermag. All seine Balken und Wände krümmen und bäumen sich, und es geht ein unheimliches Stöhnen und Wimmern durch seinen hölzernen Leib, wie man es wohl von einer Geige hört, die in einem Schraubstock zusammengeprefst wird. Mit fürchterlichem Krachen bricht hier ein Balken, reifst dort eine Wand mitten durch, die nicht mehr widerstehen konnte. Das Schiff ist leck geworden. Eisiges Wasser dringt vom Kielraum immer höher empor und treibt die Unglücklichen an die Pumpen. Eitles Bemühen! Das Wasser gefriert, sobald es den

Pumpen entströmt, um den Eispanzer noch immer zu vergröfsern, der sich rings um das Schiff gelegt hat. Auch in den Pumpen friert das Wasser, wenn sie nur einen Augenblick untbätig bleiben. Bis zur gänzlichen Erschöpfung müssen alle Mann arbeiten in diesem fürchterlichen Todeskampfe, den das Schiff mit seinem Überwinder kämpft, um das Unvermeidliche nur noch wenige Augenblicke aufzuhalten, denn man will noch die nötigsten Dinge, Proviant, Kohlen, Gewehre und Munition auf die Scholle retten. Der Kapitän entschliefst sich bangen Herzens, ihm die schwerste Wunde selbst zu schlagen. Er geht zum letzten Mal an Bord seiner geliebten Hansa, um dem Schiffe die Masten mit eigener Hand zu kappen.

Dann wird alles stille. Nächtlicherweile war das Schiff unter das Eis versunken. Was nun? Auf treibender Scholle im schrecklichen Eismeere dem Polarwinter mit seinen heulenden Schneestürmen in ewig langer Nacht entgegensehend, wie konnten die Vierzehn jemals Rettung erhoffen? Dem Zufall völlig in die Hand gegeben, konnte er sie einem qualvollen und langsamen Tode entgegenführen und konnte sie auch retten. Für jenen tragischen Ausgang sprach nur zu viel Wahrscheinlichkeit, für eine glückliche Wendung waren die Aussichten beinahe gleich Null. Vielleicht hätte man im Winter, wenn die Eisdecke alles überbrückte, die Ostküste Grönlands erreichen können; aber diese war, nach allem, was man davon wufste, ganz unbewohnt; ein Wandern bis zur Südspitze, wo es einige Eskimo-Ortschaften oder Missionsstätten mit ein paar Europäern giebt, war mit den Lebensmitteln und sonstigen Gerätschaften ganz undurchführbar. Da war es immer noch besser auf der Scholle selbst zu bleiben und sich von ihr führen zu lassen, wohin sie wollte, zu wunderbarer Rettung oder grausigem Tode.

Also hiefs es sich „häuslich niederlassen“ auf dieser krausen Eisfläche, die, zwei Seemeilen im Durchmesser haltend, nun ihre ganze Welt darstellte, eine Welt voll Drangsal und Schrecken und ohne jede andere Freude, als die, welche aus dem unerschöpflichen Innern einer Menschenbrust hervorquillt, die in echten Männern selbst angesichts so verzweifelter Lage nicht verzagt.

Genügender Proviant war glücklicherweise gerettet worden, um mit einigem Jagdglück den Winter zu überdauern, und dazu kamen die Kohlen, welche die Hansa für die Germania mitgenommen hatte, trefflich zu statten. Sie waren zu Steinen geprefst in der Art unserer Briquettes, also vortreffliches Baumaterial. Man errichtete auf dem Eise ein Haus aus denselben, 20 Fufs lang, 14 Fufs breit und $6^1/_2$ Fufs hoch. Das sind die Dimensionen eines grösseren Zimmers, das

fortan 14 Menschen zum monatelangen Aufenthalte dienen sollte. Die Kohlensteine wurden mit Schnee und Wasser zusammengefügt, einem vortrefflichen Mörtel — bei 20 Grad Kälte. Das Dach aus Segeltuch erhielt bald vom Himmel einen wärmenden Mantel durch eine dicke Schneedecke. Die drei Boote der Hansa, „Hoffnung“, „Bismarck“ und „König Wilhelm“, lagen in der Nähe, damit man sich für alle Fälle darauf retten konnte. Über dem Hause wehte die „schwarz-weifs-rote“ Flagge. Wie ein Sarg mit einem weissen Leichentuche überdeckt, beherbergte sie dies schwarze Haus schon mehrere Monate lang. Am 19. Oktober war die Hansa unter etwa 71 Grad Breite gesunken. Langsam, entsetzlich langsam, trieb das Eisfeld mit den Männern weiter, aber doch, gottlob, gen Süden. Erlebte man das Frühjahr, so durfte man Rettung erhoffen. Die Scholle war wohl 15 m dick, wenngleich sie nur 1—2 m aus dem Wasser emporragte; man durfte sich auf sie verlassen, wenn sie nur nicht von ihresgleichen so hart bedrängt worden wäre. Mit dröhnendem Anprall rissen die umliegenden Eisfelder, wie Sturmböcke gegeneinander rennend, immer gröfsere Gebiete von ihrem eisigen Asyle los. Man musste täglich, ja bald stündlich Umschau halten, um zu sehen, wie weit abermals die Marken, welche ihre Welt begrenzten, von den Wogen verschlungen worden waren. Wenn das Eis unter ihren Füfsen sie nur so lange tragen wollte, bis die Sonne die anderen Schollen genügend aufgeschmolzen hatte, damit man für eine Bootsfahrt das nötige freie Wasser erhielt; nur die eigene Scholle durfte nicht mitschmelzen oder noch weiter zerrissen werden in den gewaltigen Stürmen, die der erwachende Frühling hier schrecklicher heraufbeschwört als in irgend einem anderen Erdstriche. Welch aussichtslosem Glücksspiel waren die Verschlagenen ausgesetzt, wie mufsten sie beständig zwischen Todesfurcht und neuer Hoffnung hin- und hergeworfen werden!

Die Scholle, von Wind- und Meeresströmung langsam, aber mit ungeheuerer Gewalt getrieben, strich oftmals über Land hinweg; dann krachte es, als sei eine Batterie gelöst worden. Abermals barst ein grosses Stück von ihrer Welt los, sie sahen es in bangen Sorgen davontreiben; unheimlich näher und näher rückte ihnen das nasse Grab der Wogen, und das Eis, der vordem so sehr gefürchtete Würger ihres Schiffes, sie betrachteten es jetzt als ihren Wohlthäter, ihren einzigen, letzten Retter, an den sie sich klammerten wie der Ertrinkende an den Strohhalm. Mögen hier die Drangsale dieser heldenmütigen Männer mit den eigenen Worten eines unter ihnen selbst, des Dr. Laube, geschildert werden. Die Scholle ging wieder über Grund, während ein fürchterlicher Schneesturm wütete.

„Zu dreien zusammengehängt, auf den Knieen rutschten wir zu den Booten und suchten hinter diesen Schutz vor dem Rasen des Sturmes. Wir hörten das Geräusch von schlagenden Wellen. Bald sahen wir ringsum freies Wasser; waren wir hinaus in die See getrieben? Die Scholle hob und senkte sich in der Dünung — da läuft ein dunkler Streifen quer über das Eis. Ist's ein Schatten? Wasser, Wasser auf dem Eise, die Scholle bricht! Hilf Himmel! Ringsum Verderben, Eisstücke brechen aus den Spalten hervor, wir flüchten mit den Booten hierhin und dorthin, vergebens, — diesen Ort haben wir verlassen, jenen aufgesucht, aber schon ereilt uns hier das Verderben. Bald bricht das letzte Stück unter unseren Füfsen; nun ist die letzte Karte das Boot. Aber nicht grofs genug ist eines für alle und das grofse zu schwer, um es zu schleppen. Wir teilen uns die beiden Boote. Durch den Sturm gellt's: Lebt wohl, und wer nach Hause kommt, grüfst mir die Meinigen! — Die Hände schütteln sich zum letztenmal. Und nun stehen sie da, die Kandidaten eines grauenhaften Todes, die Einen herüben, die Anderen drüben, gewärtig, jeden Augenblick selbst zu versinken oder die anderen abbrechen und wegtreiben zu sehen — oder Augenzeuge zu sein, wie die Schicksalsgenossen vom tobenden Eise verschlungen werden, und ihre letzten gellenden Todesschreie zu hören. So standen wir da, stumm und starr, starr im Gemüt, starr am Körper. Dichte Eismassen hatten das Gesicht bis zur Unkenntlichkeit verdeckt, und Rock und Kleider waren, von Schneestaub durchdrungen, panzerhart geworden. Da legt sich eine treibende Scholle um die andere an die unsere an, schwächer und schwächer wird die Dünung, weiter und weiter rückt das freie Wasser von uns, bald sehen wir nur noch in der Ferne die weifsen Wellenkämme aufspritzen. Nun wagen wir uns in's Haus; einer hilft dem andren die starre Eismaske vom Gesichte bringen und eine Flasche Rum zum Munde führen. Draufsen aber heult der Sturm fort. Im Morgendunkel des nächsten Tages verliefsen wir wieder entsetzt das Haus. Diesmal schien uns der Untergang gewiss. Mit entsetzlich rascher Fahrt trieb die Scholle auf einen riesenhaften Eisberg los. Schon sahen wir vor uns das sich wildaufbäumende Eis — näher — näher — nun muss es geschehen! Aber wir sind im nächsten Augenblick frei — fort jagt die treibende Masse; war's ein Phantom, das uns schreckte, war's Wahrheit, was wir sahen? Alle sahen es — keiner weifs, was es eigentlich war. Entsetzliche Stunden reihten sich zu Tagen.“ —

Und mitten in dieser grausen Zeit der Angst und Not, da der

Tod beständig vor der Thür lauerte, nahte das Weihnachtsfest. — Aber der Deutsche kann nicht zu dieser Zeit ohne Christbaum sein, selbst den Sterbenden erfreut noch der sanfte Schein seiner verheifsungsvollen Lichter. Auch unsere Polarfahrer bereiteten sich zu dem schönen Feste vor: „Unsere Leute“, erzählt Dr. Laube, „waren in geheimnisvoller Thätigkeit, sie bereiteten ihrem Kapitän eine kleine Überraschung vor. Auch unser Koch erinnerte sich, einmal gehört zu haben, wie man Lebkuchen bäckt, und er, ein verwegener Künstler, begann sofort solches Weihnachtsgebäck und reich gespickte Weihnachtssemmeln zu backen. Der heilige Abend kam heran. Wir hatten unseren guten Kapitän so lange im Freien gehalten, bis wir abgerufen wurden. Das Haus prangte festlich, denn ein Weihnachtsbaum strahlt seinen Lichterglanz aus. Es ist freilich ein arktischer Baum, nur ein Tannenstab, in welchem wirtelförmig Besenreiser stecken, verziert mit selbstgefertigten Papierketten und Lebkuchen aus eigener Bäckerei; einen Wachsstock hatte ich noch unter meinen Sachen gefunden. Die Leute hatten dem Kapitän eine Revolvertasche und einen Knappsack gefertigt; auf uns aber warteten noch die Überraschungen, für welche meine Wiener Freunde gesorgt hatten. Es waren zwei Kistchen, welche mir noch vor meiner Abreise zugegangen waren und die ich von der Hansa retten konnte. Meine Schicksalsgenossen freuten sich an den Späfsen, welche die Sendung enthielt. Neben manchem zierlichen Sächelchen fand man auch einen längst entbehrten Artikel für uns: Das war weder Tabak noch Wein, sondern — Zeitungen, die wir allerdings selbst aus der Heimat mitgebracht hatten, die aber doch gelesen wurden, als ob sie eben erst die Presse verlassen hätten, und ich zweifle, ob jemals anderswo noch in so hohen Breiten die „Neue Freie Presse“, die „Vorstadt-Zeitung“, der „Figaro“, der „Kikeriki“ mit solcher Andacht gelesen worden sind. Für meine Genossen gab es mancherlei zu fragen, und mir selbst kam manche Persönlichkeit wieder in Erinnerung. Wir gaben uns rechte Mühe, heiter und guter Dinge zu sein, doch wollte es nicht gelingen. In unserer Lage konnte es nur zu leicht das letzte Weihnachtsfest sein, und die Lieben daheim, die unter dem Christbaum unser mit Sehnsucht heute gedenken, warten vergebens auf unsere endliche Rückkehr.“ —

„Doch auch das liebliche Kinderfest ging vorüber.“ —

Neue schwerste Prüfungen standen den Verschlagenen bevor. In der Nacht auf den 15. Januar 1870 trat wieder eine furchtbare Eispressung ein, während welcher die Scholle mitten unter der Hütte zer-

hrach, so dafe das Wasser die abermals zu Tode Geängstigten in den rasenden Schneesturm hinaustrieb. Drei Tage und drei Nächte mufsten sie ohne jeden Schutz hilflos ausharren. Dann ging man daran, aus den Trümmern des alten ein anderes kleineres Haus zu hauen, gegen das aher das alte ein Palast gewesen. „Nur sechs Mann konnten, eng aneinandergedrückt, darin liegen.“ Die anderen mufeten in den Booten eine Unterkunft suchen. Die Steine waren nur lose ühereinandergelegt, und überall pfiff der Wind mit seinen feinen Schneekrystallen hindurch. 87 Tage hatte das alte Haue die Männer beherhergt; unter den neuen, verschlimmerten Verhältnissen eollten sie noch 113 Tage ausharren. Immer kleiner wurde die erst meilenweite Scholle, mit 360 Schritten konnte man sie schliefslich ummessen.

Erst Anfang Mai 1870 war die Scholle his gegen die Südspitze von Grönland getriehen worden. Seit ihrer Besetzung durch das Eis, also seit etwa 200 Tagen, hatten die Gefangenen keinen gröfseren Weg als den von Berlin his Konstantinopel zurückgelegt. Oft zwar war ihnen inzwischen die grönländieche Küste sichthar geworden, aher sie hatten sich nicht von ihrer Scholle, wie wenig wohl ee ihnen dort eein mufste, hinweggewagt. Hier erst verliefs man in den drei kleinen Booten die schwimmende Eisinsel, um gar mühselig andere Schollen zu erreichen und üher sie hinweg zu klettern, dem Lande näher. 25 weitere böse Tage hei halber Kost, denn der Proviant ging zu Ende, dauerte die Fahrt, his man die Küete erreichte, an der man noch neun Tage entlang zu fahren hatte, um endlich, endlich die erste menschliche Behausung auf festem Lande auftauchen zu sehen. Gerettet! Die deutsche Missionsstelle Friedrichethal war es, welche die Glücklichen gastlich aufnahm. Alle waren wohlhehalten, hie auf einen, dem die andauernde Todesangst dieser zweihunderttägigen Schollenfahrt den Geist gestört hatte. Ein Wunder, dafs nun die Freude die anderen nicht ehenso hedenklich erschütterte. —

Aher jene armseligen Wohnetätten lagen nicht viel weniger aheeits vom menschlichen Verkehr, als es die Polarfahrer vordem gewesen waren. Von den politischen Wirren, welche inzwischen in der Heimat entstanden waren und die schliefslich zu jenem unvermeidlichen grofsen Kriege führten, hatte man hier noch keinerlei Mitteilung. Erst ale die Hansamänner auf dem dänischen Dampfer „Konetanze“, der von Westgrönland kam, im August die Nordsee kreuzten, nahmen sie mit Verwunderung wahr, dafs keine einzige „schwarzweife-rote“ Flagge ihnen auf dem „Deutschen Meere“ begegnete. Gerade am Sedantage hetraten die Hartgeprüften zuerst wieder deutschen

Boden und hörten nun zum erstenmale von den Grofsthaten, von denen sonst die ganze Welt seit Monaten erfüllt war. —

Aher von der „Germania" hatte niemand etwas gehört! Was war aus den Gefährten geworden? Nur wenige Tage blieh die hange Frage ohne Antwort. Am 11. Septemher lief die Germania in den Jadebusen ein, „ahnungslos durch mehrere Reihen Torpedos". Und dort hinten sah man Kriegsschiffe, unbekannt von welcher Nation. Jetzt konnte das Ende der Expedition — Kriegsgefangenschaft werden. Aber endlich erkannte man die preufsische Flagge. Man wurde juhelnd begrüfst, und noch am selhen Ahend schüttelten die Männer von der Germania denen von der Hansa nach so schweren Tagen zum erstenmale wieder die Hände.

Der schönste Erfolg der Germania-Expedition war die Entdeckung des Franz Joseph-Fjords. Nicht wie die Hansa dem launischen Winde üherliefert, vermochte der Dampfer Germania den Kampf mit dem Eise durch seine ungleich leichtere Beweglichkeit glücklicher auszufechten. Nach vergehlichem Suchen der Hansa, der die Germania übrigens, wie sich nachträglich herausstellte, dahei einmal his auf 10 deutsche Meilen nahe war, strehte man der Instruktion gemäfs möglichst weit nach Norden weiter. Aher schon bei 75½ Grad zeigte sich das Eis völlig undurchdringlich. Kapitän Koldewey mufste auf dieser Höhe umkehren und den Winterhafen aufsuchen, der im September 1869 bei der Sahine-Insel hezogen wurde. Durch Schlittenfahrten erforschte man im nächsten Frühjahr die von hier ah völlig unbekannte Ostküste Grönlands his 77 Grad; das nördlichst erreichte Kap taufte man mit dem Namen Bismarcks, den ganzen Küstenstrich nannte man König Wilhelms-Land. Auf der Rückfahrt, Anfang August 1870, sah man unter 73 Grad einen weiten Fjord sich in das Innere des geheimnisvollen Landes dehnen, in welchen man in zweitägiger Fahrt hineindampfte. Man hatte ein wundervolles Alpenland, eine „in das Meer versunkene Schweiz", hier im hohen Norden entdeckt, dessen Grofsartigkeit jeder Beschreibung spottet. Im westlichsten Punkte des Fjords, da wo die Verhältnisse jedem weiteren Vordringen des Schiffes Halt geboten, obgleich das Ende des Meeresarmes nicht erreicht war, erstieg Julius Payer mit einigen Gefährten einen 7000 Fufs hohen Berg, der später nach ihm benannt worden ist. Von diesem aus hot sich den Glücklichen ein Anblick, den Payer mit folgenden Worten schildert: „In der umfassenden Fernsicht, welche sich uns nach jeder Himmelsrichtung erschlofs, herrschte die Erstarrung des Todes; fast kein Zeichen von Naturlehen unterhrach die rauhe Grösse des Berglandes.

Statt der üppigen Sohlen unserer Alpenthäler mit ihren Gehöften und Ortschaften lag hier der dunkle Waeeerspiegel dee Fjorde 7000 Fufe tief unter uneeren Füfsen. Unzählige Eisberge, in der Ferne glänzende Perlen, sohwammen auf deseen Fläche umher; eine furchtbare Wand fiel anecheinend senkrecht in denselben binab. Von allen Bergstufen, aue jedem Thale eenkten sioh gigantische Gletscher in die Tiefe der gewaltigen Felsgasse — von den Eisbarrieren ihrer unteren Enden löeten siob jene präcbtigen Eisberge ab, welcbe Ebbe, Flut und Strömung durch das sundreiche Hocbland dem Ozean zufübren. Mebr ale irgend ein anderer Gegenstand fesselte im Westen eine ungeheure Eispyramide — die Petermann-Spitze — uneere Aufmerksamkeit.[2]) Sie mufete über 11000 Fufe hoch sein."

Eine Welt der Schrecknisse und bittersten Entbehrungen ist der höchete Norden, aber auch eine Welt grofeartigster Naturschönheiten und wunderbarer Farhenpracht, der an Glut und Tiefe kein anderer Erdstrich nahe kommt. Wer ein offenee Auge und ein offenes Herz hat für diese Wunder einer unberührten Natur, den treibt es nach noch so herben Todeenöten, die der Kaufpreis solcher Gunst unnahbarer Schönheit sind, zurück zu den krystallenen Felsen, in die dunklen Glutströme der Mitternachtseonne, zu den geheimnisvollen Strahlen dee Nordlichtee, sei ee aucb, dafe man den wilden Umarmungen der urkraftstrotzenden Eieesbrant erliegen müfste!

[2]) Payers Originalwerk über die österreichisch-ungarische Nordpol-Expedition, Seite 647.

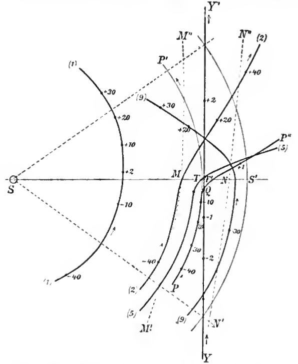
(Fortsetzung folgt)

Welche Veränderungen in den Bahnen der Planeten ruft ein Stern hervor, der mit grofser Geschwindigkeit in unser Sonnensystem eindringt?

Die Ordnung in unserem Planetensysteme, d. h. die Bewegung der Planeten um die Sonne und der Verlauf der gegenseitigen Störungen dieser Körper ist bekanntlich nach den Untersuchungen der Theorie der Planetenbewegung durch aufserordentlich grofse Zeiträume hindurch verbürgt und die Stabilität des Sonnensystems nicht gefährdet. Dagegen wissen wir noch wenig von den Vorgängen, die sich in den Stern-Systemen vollziehen, welche unser Sonnensystem umgeben. Das plötzliche Aufleuchten von Sternen, der Lichtwechsel der Veränderlichen, lassen auf das Vorhandensein von Systemen in den Regionen der Sternenwelt schliefsen, die oft viele Ähnlichkeit mit unserem Sonnensystem, vielfach aber ganz merkwürdige Eigentümlichkeiten im Vergleich zu letzterem haben werden. Die Gruppierung dieser Systeme untereinander kann in manchen Teilen des Sternhimmels, wie in der Milchstrafse, eine solche sein, dafs starke Annäherungen ihrer Sonnen vorkommen können, und der Gedanke wäre dann nicht ganz abzuweisen, dafs solche Annäherungen auch Zusammenstöfse einzelner Sterne herbeiführen würden. Obwohl uns von den Massen der Sterne und den gegenseitigen Entfernungen ihrer Systeme nur wenig bekannt ist und wir nur hypothetische Schlüsse wagen können, so zeigen uns die schon sehr zahlreich festgestellten Eigenbewegungen vieler Sterne, dafs diese Bewegungen in den verschiedensten Richtungen und mit der verschiedensten Schnelligkeit stattfinden, demnach Begegnungen von Sternen und Sternsystemen häufig eintreten werden. Bei den jedenfalls sehr verschieden grofsen Massen der Sterne wird die überwiegende Attraktion der einen Veränderungen in dem Systeme der anderen bewirken. Es ist keineswegs zur Entstehung solcher Veränderungen in der Bewegung der Körper ein direkter Zusammenstofs der Sterne nötig; eine starke Annäherung an eine Sonne von mächtiger

Masse kann hinreichen, ganz bedeutende Umgestaltungen in den Bahnen einer Sternengruppe hervorzurufen. In unserem Sonnensysteme würden beträchtliche Änderungen in den Bahnelementen der äufseren Planeten auftreten, falls ein Stern von erheblicher Masse sich unserer Sonne bis auf Neptunsentfernung nähern würde. Dafs ein solcher Fall noch gegenwärtig vorkommen könnte, ist bei der Situierung unseres Sonnensystems gegen die Sterne kaum denkbar. Aber in den Sternsystemen, wo Sterne mit sehr starker Eigenbewegung die divergierendsten Richtungen verfolgen, sind wahrscheinlich die Fälle recht häufig, wo durch das Eindringen eines Sternes in ein Sternsystem oder durch starke Annäherung an dasselbe sehr bedeutende Veränderungen hervorgerufen werden. Die Frage, unter welchen Bedingungen ein Sternsystem eine erhebliche Umgestaltung erfahren müfste, wenn ein Stern mit gegebener Geschwindigkeit in dasselbe eindringt, hat ein mehrfaches, unter andern auch kosmogonisches Interesse. — W. Ebert hat deshalb den Versuch gemacht, jene Bedingungen durch eine mathematische Untersuchung festzulegen. Er setzt voraus, dafs das fragliche Sternsystem etwa so beschaffen soi wie unser Sonnensystem. In dieses System dringe ein Stern von der Masse der Sonne mit einer Geschwindigkeit von etwa 447 km in der Sekunde so ein, dafs er sich der Sonne bis auf 1,26 Erdbahnradien nähert. Der Weg, den er durch das System nimmt, komme fast einer geraden Linie gleich, also seine Bahn sei eine Hyperbel mit sehr grofser Exzentrizität. Der unter solchen Umständen in das Sonnensystem eindringende Stern wird auf einen ihm nahe kommenden Planeten die entsprechenden Störungen ausüben. Der Planet, welcher seine fast kreisförmige Bahn PP′ (siehe nebenstehende Figur) um die Sonne S verfolgt, bewege sich in der Bahnebene des Sternes und zwar in demselben Sinne, wie der Stern in seiner Hyperbel YY′. In dem Augenblick, wo der Stern sein Perihel T′ erreicht hat, soll der Planet in T eintreffen, und die Annäherung beider aneinander TT′ nur einen Sonnenhalbmesser betragen. Die Untersuchung der Bewegung des Planeten mittelst mechanischer Quadratur ergiebt dann folgendes Resultat: die Geschwindigkeit des Planeten nimmt rasch ab, je näher sich Planet und Stern kommen; in der Figur bezeichnen die Zahlen —40, —30, —20, —10, +1, +2 u. s. f. die Anzahl Tage vor und nach dem Perihel T′, die Punkte bei den Zahlen stellen die Orte vor, wo sich zu diesen Zeiten Planet und Stern befinden. Vor der Annäherung an das Perihel kommt die Bewegung des Planeten fast zum Stillstande, die Bahn wird vom Kreise nach Q hin abgelenkt,

und zwar erreicht zuerst der Stern diesen Punkt und dann der Planet, worauf der Planet sich mit immer wachsender Geschwindigkeit in der Richtung QP″ entfernt, d. h. der Planet geht in einer fast gradlinigen Bahn von der Sonne weg ins Unendliche hinaus und wird dem Sonnensysteme infolge der grofsen Störung durch den Stern für immer entrissen. Bei der überwiegenden



Geschwindigkeit des Sternes gegen die des Planeten ist nämlich ausgeschlossen, dafs etwa der Planet nun eine sehr lang gestreckte Ellipse um den Stern beschreiben und so zu einem Begleiter desselben werden könne. Der beschriebene Fall ist indessen keineswegs die Regel. Vielmehr kommt es ganz auf die Anfangsbedingungen an, welche der Untersuchung zu Grunde gelegt werden. Eine geringe Abänderung dieser Bedingungen zeigt, dafs Fälle eintreten können, wo der Planet durch den Stern nicht aus dem Sonnensysteme hinaus-

geschleudert wird, sondern demselben erhalten bleibt, indem die ursprüngliche Kreisbahn des Planeten in eine langgestreckte Ellipse oder in eine Parabel verwandelt wird. Ebert erhält unter Ansetzung variabler Bedingungen eine Übersicht über die Grenzfälle der Stabilität, nämlich der Fälle, wo durch die Einwirkung des schnell vorübereilenden Sternes Hyperbeln oder stark exzentrische Ellipsen in den Planetenbahnen erzeugt werden. Aus dem Zahlenmateriale, das er giebt, heben wir, um die Veränderungen anschaulich zu machen, welche die Bahnen erleiden, drei Planetenbahnen hervor, die in der umstehenden Figur mit (1), (2), (5) und (9) bezeichnet sind. Beim Eintritt in den Wirkungsbereich des Sternes sei

	der Bahnradius	die Zeit des Eintrittes in den Wirkungsbereich	die Umlaufszeit	die helioc. Länge beim Eintritt
für den Planeten (1)	0.72	1.75 Tage vor dem Perihel	223 Tage	$+0°$ 7'5
„ „ (2)	1.11	4.5 „ „ „	427 „	0 0
„ „ (5)	1.20	5.0 „ „ „	480 „	-3 44.9
„ „ (9)	1.47	5.5 „ „ „	651 „	0. 0

Dann ist die schliefsliche Bahn beim Austritte des Planeten aus der Wirkungssphäre des Sternes d. h. bei der Rückkehr zur Sonne folgende:

	die Zeit des Austrittes aus der Wirkungssphäre	die Umlaufszeit	die Bahn-Exzentrizität
für den Planeten (1)	2.0 Tage nach dem Perihel	230 Tage	0.183
„ „ (2)	4.75 „ „ „	5590 „	0.911
„ „ (5)	5.75 „ „ „	—	3.207
„ „ (9)	5.5 „ „ „	53135 „	0.969

Daraus ersieht man, dafs die Bahn des ersten Planeten, weil sie noch weit innerhalb der des Sternes liegt (vgl. Figur), nur wenig verändert, nur die Umlaufszeit etwas vergröfsert wird. Die Bahn des Planeten (2) hingegen wird schon in eine langgestreckte Ellipse verwandelt, die Umlaufszeit steigt von 427 auf 5590 Tage, und während der Halbmesser der ursprünglichen Kreisbahn 1.11 Erdbahnradien war, ist im Perihel der Abstand von der Sonne 0.55, im Aphel aber 11.78 Erdbahnradien. Doch bleiben beide Planeten noch dem Sonnensysteme erhalten. Der nächstfolgende (5) mit 480 Tagen Umlaufszeit wird dagegen dem Sonnensysteme dauernd entrissen. Der Planet (9) endlich, der weiter als der Stern von der Sonne abstand (1.47 Erdbahnradien) erhält eine langgestreckte elliptische Bahn von 53135 Tagen Umlaufszeit, die Abstände des Planeten von der Sonne betragen im Perihel 0.85, im Aphel 54.47 Erdbahnradien. Schliefslich lassen sich bei weiterer Untersuchung des Problems die Grenzen angeben, welche für den Fall der Stabilität und Instabilität bestehen. In der Figur

bezeichnen die Kurven M'M" und N'N" die beiden Stabilitätsgrenzen; dieselben sind so zu verstehen: befindet sich der Planet beim Eintritt in die Wirkungssphäre des Sternes zwischen den beiden Grenzen, so erhält er die Bahn einer Hyperbel; ist er aber in jenem Augenblicke auf einer der Grenzen, so beschreibt er nach seiner Rückkehr zur Sonne eine Parabel um dieselbe und bleibt uns erhalten. Aus dem theoretisch gefundenen Resultate, dafs durch die Einwirkung des Sternes ursprünglich kreisförmige Bahnen in langgestreckte Ellipsen verwandelt werden können, darf man aufserdem noch den für die Kosmogonie wichtigen Schlufs ziehen, dafs sich das Vorhandensein von Bahnen mit grofser Exzentrizität in den Sternensystemen möglicherweise daraus erklärt, dafs diese Systeme einstens von Sternen mit entsprechender Geschwindigkeit durcheilt worden sind. Die Breite des Instabilitätsgebietes, nämlich der von den Kurven M'M", N'N" eingeschlossenen Fläche, hängt von der Geschwindigkeit des Sternes ab, indem die Breite umgekehrt proportional ist der Geschwindigkeit des Sternes und mit der Quadratwurzel der Entfernung von der Sonne wächst. Je gröfser die Geschwindigkeit des Sternes war, desto kleiner wird also das Gebiet, wo er Veränderungen hervorrufen kann. Demnach dürfen wir weiter hieraus folgern, dafs ein mit einigen hundert Kilometern Geschwindigkeit eindringender Stern in unserem Sonnensysteme keine aufserordentlich durchgreifenden Veränderungen in den Bahnen der Planeten bewirken dürfte, da das Gebiet der Instabilität ziemlich eng ist. Freilich, befände sich zu entsprechender Zeit ein Planet in diesem engen Gebiete, so würde er uns allerdings für immer entrissen. Selbstverständlich ist die Wahrscheinlichkeit für die Erfüllung jener Bedingung eine sehr geringe. Die Gefahr also, dafs wir selbst mit unserer Erde durch einen Stern gewissermafsen unserem Sonnensysteme entführt werden könnten (was uns freilich höchst übel bekommen würde), haben wir schwerlich zu fürchten. Dagegen wäre zu erwägen, ob nicht Meteoritenbahnen, die vielfach den Raum zwischen den Planeten erfüllen, durch solche Zufälle in hyperbolische verwandelt und dem Sonnensysteme entrissen werden könnten. Dadurch würde nach und nach ein Verlust an Masse für das ganze System eintreten. Andererseits wäre es möglich, dafs der Verlust wieder von aufsen her ersetzt wird, worauf einige hyperbolische Meteoritenschwärme hinzudeuten scheinen.

Das Karborundum.[1])

In der Mohsschen mineralogischen Härteskala nehmen bekanntlich der Korund und der Diamant die obersten Stufen (No. 9 und 10) ein, während dem Talk als weichstem Mineral die Härte 1 beigelegt wird. Seit man nun vor kurzer Zeit Methoden gefunden hat, den Härtegrad eines Körpers durch exakte Messungen quantitativ zu bestimmen[2]), hat sich gezeigt, dafs der Diamant seinen nächsten Nebenbuhler, den Korund, noch immer um so viel übertrifft, dafs dieser seiner Härte nach nur etwa in die Mitte zwischen Talk und Diamant zu stehen kommt. Die altbewährte Mohssche Skala weist also zwischen Härte 9 und 10 eine sehr erhebliche Lücke auf, die wir bis vor kurzem wegen des Mangels entsprechend harter Mineralien nicht auszufüllen vermochten; daher mufste ja auch der Diamant stets mit seinem eigenen Pulver geschliffen werden. Erst seit März 1891 kennen wir in der unter dem Namen Karborundum in den Handel gebrachten, künstlich mit Hilfe des elektrischen Ofens dargestellten Verbindung des Siliciums mit Kohlenstoff ein billiges Schleifmaterial, das an Härte dem Diamanten nicht mehr viel nachsteht. Der amerikanische Erfinder dieses neuen Stoffes, Acheson, soll zu seinen Versuchen, die zunächst die künstliche Herstellung des Diamanten bezweckten, durch eine Romanfigur Jules Vernes angeregt worden sein. Wie so oft in ähnlichen Fällen gelangte er zwar nicht zu dem eigentlich erstrebten Ziele, wurde aber für seine Bemühungen durch einen ungeahnten Erfolg belohnt, der jedenfalls auch schon ausreichen wird, ihm irdische Schätze in hinlänglichem Mafse zuzuführen. Die Durchleitung eines sehr starken elektrischen Stromes durch eine Mischung von Kohle und Lehm liefs nämlich in dieser Masse einige sehr harte Krystalle von glänzend blauer Farbe entstehen, die zunächst, nachdem die erste Vermutung, es könnte reiner Kohlenstoff sein, als irrig erkannt war, für eine Verbindung von Kohlenstoff mit Thonerde (Korund) gehalten wurden und deshalb den Namen Karborundum (aus Karbo-Korund) erhielten. Erst als man gröfsere Mengen der neuen Substanz gewonnen hatte, ergab die chemische Analyse, dafs sich nicht die im Lehm enthaltene Thonerde, sondern das Silicium der Kieselsäure desselben mit dem Kohlenstoff verbunden hatte. Das neue, dem Schmirgel namentlich

[1]) In Anlehnung an einen Aufsatz von Dr. H. Schroeder im Vereinsblatt der deutschen Gesellschaft für Mechanik und Optik.

[2]) Um die Ausbildung dieser Methoden hat sich besonders Prof. F. Auerbach verdient gemacht.

auch durch seine gröfsere Homogeneität bei weitem überlegene Schleifmittel wurde nun bald in immer steigenden Mengen fabrikmäfsig hergestellt, und es ist interessant, die mit dem stärkeren Verbrauch gleichen Schritt haltende rapide Preisermäfsigung des Produktes zu verfolgen. Während man anfangs in einem Ofen täglich nur etwa 100 Gramm Karborundum zu erzeugen vermochte und dasselbe dann karatweise an Edelsteinschleifer verkaufte, nahm die Produktion bald gröfsere Dimensionen an, und man gab das Pfund nun für 10 Dollar ab, einem bei dem geringen Verbrauch der einzelnen Schleifer erträglichen Preise. Die Nachfrage steigerte sich indessen so schnell, dafs alsbald selbst die grofs angelegten Einrichtungen in Monongahela, die täglich 300 Pfund produzierten, sich als zu klein erwiesen. Nun wurde das Werk nach den Niagarafällen verlegt, wo die vielbesprochene, neue Turbinenanlage die Umwandlung von 5000 Pferdestärken in elektrische Energie gestattet. Hier befinden sich jetzt die bedeutenden Werke der Karborundum-Company, welche durch zweckmäfsige Ofenkonstruktionen in die Lage gesetzt sind, ihr Produkt aufserordentlich billig in den Handel zu bringen. Ein Pfund roher Krystalle kostet jetzt nur 80 Pfennige, gewaschenes Schleifpulver ist natürlich je nach dem Grade der Feinheit bis zum zehnfachen Betrage teurer, aber selbst ausgelesene, für Mineraliensammlungen geeignete Stücke von den glänzenden, in vielen Farben schillernden Krystallen sind für etwa 3 Mark pro Pfund zu haben. In jedem der jetzt im Betrieb stehenden fünf Schmelzöfen befinden sich 60 drei Zoll dicke und 30 Zoll lange Kohlenstäbe, zwischen denen der starke Strom von 185 Volt Spannung durch die jetzt vorwiegend aus Sand und Kohle zusammengesetzte Mischung hindurchgeht. Nachdem der Strom einige Stunden lang geschlossen ist, zeigt sich der ganze Ofen in blaue und gelbe Flammen eingehüllt, da sich die aus dem Inneren hervordringenden Gase entzünden. Nach 24 Stunden erst wird der Strom unterbrochen und nach gehöriger Abkühlung der Ofen niedergerissen, um die Ergebnisse der in seinem Inneren geleisteten, chemischen Arbeit zu Tage zu fördern.

Zur Herstellung künstlicher Schleifsteine von unübertroffener Güte wird das Karborundumpulver mit Porzellanerde vermischt und nun gebrannt. Einem solchen Stein können dann weder die Reibungswärme noch Säuren irgend etwas schaden, und auch die Gefahr des Zerspringens durch Zentrifugalkraft ist bei ihm wesentlich geringer als bei den bisher gebräuchlichen Schleifsteinen. F. Kbr.

Ein akustisches Phänomen.

In dsn letztsn Jahrzehnten haben eine Reihe wissenschaftlicher Journale Nachrichten über merkwürdige Töne gebracht, die in der Atmosphäre entstehen, deren Ursprung aber noch unklar ist.

Man kann sagen, dafs die Beobachtung akustischer Naturerscheinungen hinter derjenigen der optischen erheblich zurückgeblieben ist. Das darf uns nicht weiter wunder nehmen: unser optisches Organ ist ebsn so viel vollkommener als das Ohr, dafs diesem viele Feinheiten entgehen müssen, die dem Auge von selbst erscheinen. Wie schwer ist es doch, den Ursprung und die Stärke der Geräusche zu beurteilen. Immerhin werden seit den ältesten Zsiten auffallende akustische Thatsachen berichtet. Es klingt die Memnonssäule, jenes kolossale Steinbild bei Theben, das den König Amenophis darstellt, wenn es von den Strahlen dsr aufgehenden Sonne getroffen wird. Wahrscheinlich waren es Luftströmungen, die, durch die starken Temperaturschwankungen am Morgen hervorgebraeht, die Löcher des durch Erdbeben zerstörten Steines durchzogen. Dafs ein feiner Sand, der an den Abhängen von Bergen herabrutscht, ein Klingen erzeugt, das haben Seetzen und Ehrenberg[1]) am Berge Sinai festgestsllt, und Darwin konnte ähnliches vom „Bramador“, dem heulenden oder bellenden Berge, berichten, der ihm in Nordchile beschrieben ward. Das Knistern des feinen Sandes, über den ein Pferd hinwegläuft, und das Knirschen kalten Schnees wird vielen zu Ohren gedrungen sein. Der Fels der Vögel an der Walliser Küste widerhallt von den verschiedenen diskordanten Tönen befiederter Sänger aller Art, die aber in einer gewissen Entfernung vom Lande zu einem einzigen Tone verschmelzen, der für das Ohr nichts Beleidigendes mehr hat. Von diesen Einzelerscheinungen sind die mysteriösen Geräusche, die unseren Gegenstand bilden, wohl zu unterscheiden. Der belgische Geologe van den Broeck[2]) hat im letzten Jahre eine ausführliche Enquête über dieselben veranstaltet, nachdem er selbst auf ssinsn Forschungsreisen dem Gegenstande ein aufmsrksames Ohr geliehen hatte. Diese rätselhaften Töne sind aus verschiedenen Gegenden bekannt, insbesondere werden sie von belgischen Landen — sowohl vom Innern wie vom Litoral — und von den durch die Tiger berühmten Dschungeln Bengalens berichtet. An der belgischen Küste sind diese Geräusche bei den Einwohnern und den Seeleuten, die dieselben von denen der Artillerie genau unterscheiden, unter dem Namen der „Mistpoeffers“

[1]) H. u. E. Bd. VII S. 366.

[2]) Ciel et terre, 1895. Dec. 1 bis 1896, Aug. 1.

(Nebelexplosionen) bekannt. Im Ganges-Delta haben die Detonationen ihren Namen von dem Orte Barisal, wo sie als sehr intensiv wohl bekannt sind: sie heifsen Barisal Gune wegen ihrer Ähnlichkeit mit Kanonenschlägen. Van den Broeck selbst hat sich bemüht, seine Beobachtungen nur unter den günstigsten Begleitumständen anzustellen. „In jenen sandigen Ebenen des nördlichen Belgiens war es, wo in der sengenden Glut heifser Augusttage die Stimme der Natur sich auf das monotone Zirpen der Grille, auf das Knistern eines Grashalms und auf das von Zeit zu Zeit plötzlich auftretende Geräusch eines überhitzten Kieselsteins beschränkte.“ Wirkliche Kanonenschläge wurden leicht sofort als solche von den Mistpoeffers unterschieden, und es liefs sich später immer die Bestätigung dafür, dafs es solche gewesen waren, erbringen. Der Eindruck der Geräusche war im allgemeinen der einer dumpfen und erstickten Detonation in der Luft, aber einer solchen von speziellem und rätselhaftem Charakter. Das dumpf gesprochene Wort „Bum“ bezeichnet sehr genau die Art der Wahrnehmung, die stärkeren lassen sich etwa durch „Brrum“ wiedergeben. Freilich wechselte mit diesem Eindruck oft auch der eines unterirdischen Geräusches ab; aber die ziemlich subtile Unterscheidung hätte sich genau kaum anders als mit Mikrophonen oder Seismoskopen — den zum Studium der Erdbeben verwendeten Instrumenten — anstellen lassen. Denn natürlich könnte das Geräusch, ob es gleich in der Luft zu entstehen scheint, sehr wohl ein unterirdisches sein. Die Erscheinung wurde besonders häufig an warmen, ruhigen und sonnigen Sommertagen bemerkt, und zwar vorzüglich in den späteren Vormittagsstunden; auch leichter Nebel über dem Meereshorizonte scheint der Entwicklung des Phänomens günstig zu sein. Man konnte sie gewöhnlich als eine Reihe von wenigen (2 bis 5) hinter einander erfolgenden Schlägen vernehmen. In jedem Jahre war eine Anzahl von Beobachtungen möglich, in manchem wurden zehn und mehr Erscheinungen wahrgenommen. Natürlich kann man, da die Beobachtungszeit sowohl für den Tag als für das Jahr eine beschränkte war, mit Recht behaupten, dafs das Phänomen im nördlichen Belgien ein durchaus häufiges ist.

Ganz ähnlich lauten die Berichte anderer Beobachter, insbesondere diejenigen über die Barisal Guns; ja selbst am fernen Kongostrande sind die Wahrnehmungen durchaus analog. Immer wird von den Beobachtern sofort die Hypothese, dafs es sich hier um Kanonenschläge handele, als keine ernste Prüfung ertragend sofort ausgeschlossen. Aber woran hat man dann zu denken, wenn man sich über das rätselhafte Phänomen Aufklärung verschaffen will? Da das Ohr allzu

leicht über den Sitz der schallenden Körper getäuscht wird, so wird man wohl trotz der gegenteiligen Wahrnehmungen sicherer Beobachter, noch immer an der Möglichkeit eines unterirdischen Ursprungs festhalten können. Man wird sich dabei der in erdbebenreichen Himmelsstrichen nicht seltenen Schallphänomene erinnern, die selbst dann, „wenn sie von keinen fühlbaren Erschütterungen begleitet sind, einen tiefen Eindruck zurücklassen.“ [3]) Besonders wird man an das „Gebrüll und den unterirdischen Donner von Guanajuato“ zu denken haben, welcher vom mexikanischen Hochlande her durch Humboldt bekannt geworden ist und im Jahre 1784 monatelang anhaltenden Schrecken in der Stadt verbreitete. „Es war, als lägen unter den Füfsen der Einwohner schwere Gewitterwolken, in denen langsamer Donner mit kurzen Schlägen abwechselte.“ Hiernach ist es nicht ganz ausgeschlossen, dafs in Gebieten, deren geologische Natur stärkere oder schwächere Massenumlagerungen unter der Erdoberfläche wahrscheinlich macht, diese die Ursache der Töne abgeben können. Aber im allgemeinen ist der Eindruck des Phänomens doch ein anderer, und man wird ihm und den besonderen Bedingungen, wie dem häufigeren Auftreten bei ruhigem und sonnigem Wetter, gerecht werden müssen.

Bei den Barisal Guns hat man an das Rollen der fernen Brandung, an den Fall schwerer Erdmassen an den Steilufern von Flüssen, an elektrische Entladungen unter dem Wasser oder auch explosive Gase gedacht, die durch eine Art vulkanische Wirkung erschüttert werden und aus dem Wasser von unten aufsteigen, sowie an andere vulkanische und unterirdische Thätigkeiten; aber es ist nicht zu verstehen, wie man hierdurch den Besonderheiten des Phänomens gerecht werden soll. Es mufs nach unserer Auffassung an die starke Erwärmung der Luft durch die zur Zeit der Erscheinung besonders intensive Strahlung, an die mit dieser im Zusammenhange stehende rege Verdampfung, sowie an elektrische Wirkungen gedacht werden. Aber im einzelnen fehlt bis jetzt jeder zuverlässige Anhalt, wie die Mistpoeffers zustande kommen.[4]) Wir glauben auch, dafs es nicht wohl angeht, beim gegenwärtigen Stande der Frage, bei der man auf ein so unzuverläsiges Instrument, wie es das menschliche Ohr ist, allein angewiesen ist, Theorien auf die noch nicht hinlänglich gekannten und gesicherten Erscheinungen aufzubauen.

Es bleibt eben nur übrig, diese jetzt auch mit anderen Hilfsmitteln, insbesondere mit Mikrophonen zu beobachten. Nebenbei be-

[3]) Humboldt, Kosmos, Bd. 1 S. 148 und Anm. 128 dazu.

[4]) Sogar auf Eisberge hat man die Ursache zurückführen wollen. Das

merkt hat die Verfolgung der Geräusche im Telephon auf dem hohen Sonnblick Dr. Trahert zu einer Reihe bemerkenswerter Ergebnisse geführt, welche die Hoffnung erwecken, dafs das Mikrophon bei der Erforschung der rätselhaften Geräusche gute Dienste leisten wird. Eine erste Probe mit dem Instrumente hat St. de Rossi im Gebiete der erloschenen Vulkane Latiums gemacht.[5]) Obgleich dasselbe gegen den Flug der Insekten geschützt und mit Wolle umwickelt war, und jedes störende Geräusch in den Nächten, die der Beobachtung dienten, völlig abgehalten wurde, hörte man trotzdem rollende Geräusche und Explosionen, die vereinzelt waren oder auch Salven und metallischen Tönen oder auch denjenigen eines Glockenspieles ähnlich waren. Nur das Rollen liefs sich auch künstlich hervorbringen, indem man die Mikrophon-Conductoren gegen einander rieb, derart wie die Felsen sich bei einem Erdbeben unter einander reiben. Rossi trug sein Instrument auf den Vesuv und in die Solfatara von Puzzeoli und fand überall heftige Geräusche, wo das Ohr noch nichts vernahm. Aus den Vesuvbeobachtungen schlofs er, dafs die Schwingungen bei Erdbeben Knoten und Bäuche haben, denn es giebt Orte in den Bergen, wo man nichts hört. Prof. Milne hat das Instrument zu ähnlichen Zwecken in Japan gebraucht. Man kommt von selbst darauf, dieses Instrument gleichzeitig mit dem für geophysische Untersuchungen so vortrefflich geeigneten Horizontalpendel zu verwenden, das in den Händen des jung verstorbenen Dr. von Rebeur-Paschwitz zu schönen Ergebnissen geführt hat. Haben nun die Mistpoeffers einen unterirdischen Ursprung, so läfst sich das ohne Zweifel im Zusammenhange dieser Untersuchungen leicht herausbekommen. Auch wenn es nicht der Fall ist, wird aber das Mikrophon zum Studium der rätselhaften Geräusche kaum mehr entbehrlich sein.

Sm.

Krachen derselben ist in arktischen Regionen ein sehr auffallendes Schallphänomen, aber es ist keine Wahrscheinlichkeit dafür vorhanden, dafs diese Gebilde nahe genug an die Regionen des Erdballs geführt werden, wo man die mysteriösen Geräusche vernimmt.

[5]) G. H. Darwin in Ciel et terre, 1896 Aug. 1.

Bibliographisches

Baillaud, B.: Cours d'Astronomie à l'usage des étudiants des Facultés des sciences. Paris, Gauthier-Villars et fils 1896. 2 vol.

Dieses Werk, welches Studierende in die Hauptteile der Astronomie einführt, ist praktisch angelegt; es bringt überall die Hauptsache aus dem betreffenden Gegenstande, vermeidet das zu viele Detail und erreicht jedenfalls seinen Zweck, dem jungen Astronomen, der in die Praxis treten soll, einen vollständigen Überblick über die Materien zu bieten, die er inne haben mufs. Der erste Band enthält die Elemente der Wahrscheinlichkeitsrechnung, einen vollständigen Abrifs über die astronomischen Instrumente, der weiter ausgeführt ist, als wir dies bei den bei uns gebräuchlichen astronomischen Lehrbüchern gewöhnt sind, die Interpolationsrechnung und einige Bemerkungen über die bei trigonometrisch-logarithmischen Rechnungen erreichbare Genauigkeit. Der zweite Band bringt dann die Hauptkapitel der sphärischen Astronomie, ferner in kurzer Fassung die Methoden zur Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, sowie die Hauptbegriffe aus der Störungstheorie. Weiter werden die Mondtheorie und die Theorie der Jupitersatelliten erklärt: vier Kapitel beschäftigen sich speziell mit der Erde (Geodäsie), den Schlufs macht die Berechnung der Finsternisse und der Phasen der Planeten, und endlich folgt noch das Wissenswerte aus der modernen Astronomie, nämlich aus der Photometrie, Photographie und Spektroskopie. G.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Franz-Josephs-Fjord.
(Zu Seite 371.)

Himmel und Erde.

Unser norddeutsches Tiefland.

Von **Dr. P. Schwahn** in Berlin.

(Schlufs.)

Über die Dauer der Interglazialzeit lässt sich nichts Bestimmtes aussagen; jedenfalls war aber der Zeitraum zwischen beiden Vereisungen ein so beträchtlicher, dafs sich eine verhältnismäfsig reiche Fauna und Flora entfalten konnte. Fest steht, dafs das Inlandseis sich nach seiner ersten Invasion bis in die skandinavischen Berge zurückzog, denn selbst im südlichen Schweden kennt man interglaziale Bildungen, welche die ältere Grundmoräne überlagern.

Aber nicht dauernd war die eisige Hülle den milderen Lüften eines wärmeren Klimas in Deutschland gewichen; noch einmal drangen die Eismassen von Norden her vor und liefsen zur Erinnerung an jenen zweiten Starrkrampf unserer heimatlichen Fluren deutliche Spuren ihres Eingreifens zurück.

Mächtige Sand- und Geröllmassen, welche aus den Strömen abgesetzt wurden, die das nahende zweite Inlandseis voraussandte, überschütteten abermals das Land, und damit trat der Tod in die Schöpfung ein; wieder herrschte eisige Ruhe an Stelle des reich entwickelten Tier- und Pflanzenlebens. Und nachdem unser Tiefland mit Sanden eingedeckt war, schob sich darüber die Grundmoräne der zweiten Vereisung, der sogenannte obere Geschiebemergel, welcher sich in Beschaffenheit nicht viel von dem blaugrauen unteren Mergel unterscheidet, nur dafs er eine mehr gelblichgraue Farbe hat, weniger Geschiebe enthält und auch nicht so mächtig wie jener entwickelt ist.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Vereisungen bestand aber in der Richtung ihres Vorstofses sowie in ihrer Ausbrei-

tung. Während der ältere Strom fächerförmig von Skandinavien her erfolgte, schlug der jüngere einen mehr ostwestlichen Weg ein. Von Finnland aus bewegte er sich zunächst nach Süden, wurde aber bald im norddeutschen Tiefland nach Westen hin abgelenkt, wobei, wie Wahnschaffe hervorhebt, für seinen weiteren Verlauf die Landschwelle des baltischen Höhenrückens bestimmend einwirkte. Die Hindernisse, welche dieser ältere Gebirgskern dem nicht allzu mächtig entwickelten zweiten Inlandeis stellte, hatten wohl auch zur Folge, dafs dasselbe sich nicht so weit nach Süden verbreiten konnte als die frühere Eisbedeckung. Letztere dehnte sich bis zum Rand der mitteldeutschen Gebirge aus, während das Vorkommen des oberen Geschiebemergels und mithin auch die Südgrenze des zweiten Inlandseises ungefähr durch eine Linie gekennzeichnet wird, welche südlich der Lüneburger Heide über Braunschweig, Magdeburg, am Fläming entlang nach Görlitz und von dort weiter über Oppeln nach Polen hinein sich erstreckt.

Eine für den Rückzug des zweiten Inlandeises sehr charakteristische Erscheinung ist das Auftreten von Geschiebewällen, welche sich in einer Ausdehnung von über 1000 km von Holstein, durch Mecklenburg, die Uckermark, Pommern und Westpreufsen bis zur Weichsel verfolgen lassen und die, obwohl im grofsen und ganzen an den Verlauf des baltischen Höhenrückens gebunden, doch auch mehr südlich in Schlesien und Polen beobachtet werden (Fig. 9). Berendt, Schröder, Geinitz, Wahnschaffe und Keilhack, die diesen Blockanhäufungen im norddeutschen Diluvium besondere Aufmerksamkeit zugewandt haben, erblicken in ihnen Endmoränenzüge des sich zurückziehenden Inlandseises, die an solchen Stellen erzeugt wurden, wo Abschmelzen und Vordringen der Gletscher sich die Wage hielten, das Inlandeis also für längere Zeit stationär werden mufste. In solchen Rückzugspausen konnten nämlich die Schmelzwasserbäche an ein und derselben Stelle längere Zeit ihre Schlemmarbeit verrichten, durch welche alle feineren Bestandteile, wie Sande und Grande, der Grundmoräne entzogen wurden, während die gröfseren Geschiebe und Blöcke in derselben zurückblieben und sich zu Steinpackungen von vielen Metern Höhe anhäuften, die mehr oder minder zusammenhängende, halbkreisförmige Rücken oder Hügel von 100 bis 400 m Breite bilden. Das Vorland der Endmoränen ist gewöhnlich eine mit den ausgeschlemmten Kiesen und Sanden überdeckte Ebene, die von schmalen Wasserläufen und vertorften Rinnen durchzogen ist.

Nicht selten treten in Norddeutschland eigentümlich lang gestreckte, Sande und Gerölle führende Wallberge auf, welche quer zur Richtung der Endmoränenzüge verlaufen. Geinitz fand sie in Mecklenburg, Berendt in der Uckermark und Keilhack in der Neumark zwischen Soldin und Dramburg. In Schweden, wo diese Wälle in typischer Ausbildung vorkommen, hat man sie „Åsar", d. h. Bergrücken genannt. Leider fehlt noch für diese glaziale Bildung eine zufriedenstellende Erklärung.



Fig. 9. Kamm der Endmoräne Rosenberge bei Neuhof in Mecklenburg. (Nach Wahnschaffe).

Den gewifs nicht wenigen Berlinern, welche die Wirkungen des Inlandseises bereits auf dem Rüdersdorfer Muschelkalkfelsen kennen gelernt haben und eine Erweiterung ihrer Kenntnisse nach dieser Richtung wünschen, bietet die typische Endmoränenlandschaft der Uckermark vortreffliche Gelegenheit hierzu. Sie erstreckt sich von Neu-Strelitz über Feldberg, Templin, Joachimsthal, Chorin bis Oderberg und bildet einen Teil des grofsen baltischen Endmoränenzuges. Bei der Station Chorin wird die Moräne von der Stettiner Bahn durchschnitten, und es empfiehlt sich, von hier aus eine eintägige Exkursion über das Dorf Chorinchen nach der ehrwürdigen Ruine des Cistercienser Klosters und sodann am Rande der Moränenkette entlang nach den im alten Weichselthal gelegenen Ortschaften Liepe und Nieder-Finow zu machen, von wo aus sich zur Rückfahrt nach Berlin Gelegenheit bietet. Überall fällt der enorme Reichtum an Geschieben auf, der sich in den

Dörfern des Moränenstreifens dadurch dokumentiert, dafs die Umfassungsmauern der Grundstücke meist aus grofsen nordischen Blöcken hergestellt sind, und auf den Feldmarken Geröllhaufen bei Reinigung der Äcker zusammengetragen wurden. Kies- und Steingruben, welche zum Teil schon ausgebeutet sind, zum Teil noch in Betrieb stehen, trifft man auf der Wanderung vielfach an; sie gewähren einen Einblick in das Innere der Endmoräne, das aus einer dichten Steinpackung zusammengesetzt ist, bei der sich die grofsen Geschiebe fast unmittelbar berühren, während die Zwischenräume mit Sand, Kies, kleineren Geschieben und sandigem Mergel ausgefüllt sind. Ein auffälliger Gegensatz zwischen dem Vor- und Hinterland des Endmoränengebietes macht sich sofort bemerkbar, wenn man von der Höhe des Kammes aus die Landschaft überschaut. Auf der einen Seite erstreckt sich die kahle, unfruchtbare Zone sandiger Ablagerungen, welche von den Schmelzwassern des sich zurückziehenden Inlandeises abgesetzt wurde, auf der anderen überrascht uns dagegen das anmutige Bild der ganz aus Geschiebemergel bestehenden fruchtbaren Moränenlandschaft mit ihrem reizvollen Wechsel von Tiefen und Höhen, sowie kleineren und gröfseren Seen, deren Entstehung, wie wir sehen werden, mit der Endmoränenbildung im engsten Zusammenhange steht.

Durch den hohen Gehalt von verwitterbaren Mineralgemengteilen, namentlich an kohlensaurem Kalk, Kali-Silikaten und Phosphorsäure ist der Geschiebemergel ein ausgezeichnetes Geschenk der Eiszeit, das für die Bodenkultur unserer Heimat gar nicht hoch genug zu schätzen ist. Wo er die Ackerkrume bildet, breiten sich überall fruchtbare Saatfelder aus. Leider ist dieses Geschenk dadurch etwas beeinträchtigt worden, dafs die Gletscherströme beim Rückzug des Eises die Grundmoräne durchwühlt und aufgearbeitet haben, sodafs als Rückstand ein lehmiger Sand oder auch sandiger Lehm, je nach dem Grade der Auslaugung, übrig blieb, welcher in ausgedehnten Bezirken des norddeutschen Flachlandes den oberen Geschiebemergel bedeckt oder gar ersetzt. Von den Hochflächen wurden die feineren Sandteilchen durch die Schmelzwasser auch in die Niederungen getragen und als „Thalsand" abgesetzt, welcher den völlig ebenen Boden der alten diluvialen Stromrinnen bildet.

Deck- und Thalsande sind es, welche so viele Strecken unserer norddeutschen Heimat und besonders die Mark Brandenburg in so üblen Ruf gebracht haben, weil auf ihnen nur Heiden und schattenarme Kiefernwälder gedeihen, die der landschaftlichen Physiognomie in den Augen des verwöhnten Süddeutschen gerade kein sehr anmutiges Ge-

präge geben. Aber obwohl selbst Goethes Musen und Grazien in der Mark mit den bekannten Worten: „Denn bei uns, was vegetiert, alles keimt getrocknet auf“ der alten Meinung von der „Streusandbüchse Deutschlands“, wie man ja unsere Mark genannt hat, Vorschub leisten, so wissen wir doch, dafs eine solche Bezeichnung nur für einzelne Lokalitäten zu Recht besteht, denen die Götter oder richtiger die Fluten der Eiszeit weniger gewogen waren. Zu derartig vernachlässigten Gebieten gehören gewisse Stellen im Südwesten der Mark, ferner ganze Strecken der Altmark, welche nach Westen hin ihre Fortsetzung in der Lüneburger Heide finden. Sie sind in der That aufserordentlich öde, eintönige Hochflächen, die auf meilenweite Erstreckung als alleinige oberflächliche Bildung den Geschiebe führenden Decksand zeigen, der häufig unter dem Einflufs herrschender Winde zu dünenartigen Kämmen aufgefegt ist. Nicht selten findet man in diesen Flugsandgebieten Norddeutschlands eigentümlich geformte Geschiebe, die sogenannten „Kantengerölle“, in grofser Massenhaftigkeit beisammen. Meistens sind es einfach dreikantig zugespitzte Steine, in einzelnen Fällen zu vollkommenen Pyramiden ausgebildet, die auf den ersten Blick Artefacten ganz ähnlich sehen und auch wohl nicht selten dafür gehalten worden sind. Eine richtige Erklärung dieser in unseren Diluvialgebieten vorkommenden Dreikanter hat zuerst Gottsche gegeben. Er schreibt die Ausbildung der glatten Flächen der Kraft des Windes zu: die vom Winde fortgetriebenen Sande legten zunächst die schwereren Geschiebe blofs, so dafs die wie unzählige Projektile gegen sie geschleuderten Sandkörnchen eine abreibende Wirkung ausüben mufsten, die sich mit der Zeit zu so hohen Beträgen summierte, dafs völlig regelmäfsige Kanten und Schliffflächen erzeugt wurden. Bemerkenswert ist die Thatsache, dafs Walther ähnliche Kantengerölle in den Wüstengebieten zwischen Nil und dem Roten Meer angetroffen hat, wo er Zeuge ihrer Entstehung durch die in jenen Gegenden heftig wehenden Sandstürme war.

Wir können die Reihe der diluvialen Bildungen nicht verlassen, ohne einer Ablagerung zu gedenken, die den Geologen viel Kopfzerbrechen gemacht hat, und über deren Zustandekommen auch heute noch die Meinungen der Parteien weit auseinander gehen. Es ist dies der Löfs, ein gelblich-grau oder braun gefärbter Lehm von hohem Kalkgehalt, der wie Mehl unter den Fingern mürbe zerreiblich ist, in der Regel einer deutlichen Schichtung entbehrt, dafür aber fast immer eine sehr auffällige senkrechte Zerklüftung wahrnehmen läfst. Dieser Löfs findet sich im Gebiete des norddeutschen Diluviums auf einer

Zone vor, die im Süden durch das deutsche Mittelgebirge, im Norden durch den Südrand der zweiten Inlandsvereisung begrenzt wird. Er bedeckt strichweise den Boden der Provinz Schlesien, des Königreichs Sachsen und tritt besonders reichlich in der Magdeburger Börde auf, wo er durch oberflächliche Humifizierung in die Schwarzerde übergeht, die bekanntlich durch ihre Fruchtbarkeit diese Gegend zu einer der reichsten Deutschlands macht. An sich erscheint das sächsische Zuckerrübenland als eine kleine Steppe; auf meilenweite Entfernung ist daselbst kaum ein Baum zu sehen, kaum ein Tropfen Wasser zu finden, und auch die weifsgetünchten Häuser der Bördedörfer machen den Eindruck erschreckender Langweiligkeit.

Der Löfs überkleidet hier überall den unteren Geschiebelehm, was auf ein jungdiluviales Alter hinweist. Nach Wahnschaffe wäre er beim Beginn der grofsen Abschmelzperiode durch Wasserabsatz in Staubecken entstanden, die sich zwischen dem Eise und dem Nordrand der deutschen Mittelgebirge gebildet hatten; er wäre also ein Schlemmprodukt, dessen thonige Bestandteile die vom Gebirge herabgeführten Schuttmassen lieferten, während gleichzeitig die Schmelzwasser von Norden her den der Grundmoräne entzogenen Kalk herbeiführten. Der anfangs sehr ruhige Absatz der Massen, aus denen der Löfs sich bildete, mufste aufhören, als durch das weitere Zurückweichen des Eisrandes den gestauten Gewässern ein schnellerer Abflufs nach Westen und Nordwesten ermöglicht wurde. Beim Trockenwerden dieser Gebiete wurde so eine gleichmäfsig starke Löfsdecke über den Untergrund ausgebreitet, worauf sich bald eine üppige Steppenvegetation entwickeln konnte, auf welche die den Löfsgebieten Norddeutschlands eigentümliche Fauna und Flora hinweisen.

Dieser fluviatilen Theorie der Löfsbildung stehen aber einige Schwierigkeiten entgegen, die zahlreichen Forschern so unüberwindlich erscheinen, dafs sie die äolische Theorie, welche F. v. Richthofen auf Grund seiner Erfahrungen in den Steppengebieten Chinas aufgestellt hat, auch für die Löfsbildungen der norddeutschen Tiefebene in Anspruch nehmen. Hiernach wären die feineren Lehmteilchen staubartige Verwitterungsprodukte, welche teils von den Felsflächen unserer Mittelgebirge, teils aus der Grundmoräne herstammen und unter Einwirkung heftiger Winde gleichmäfsig über weite Strecken hin verteilt worden sind, ein Vorgang, der sich in ausgedehnter Weise noch jetzt in Steppengegenden beobachten läfst.

Dafs für die norddeutschen Löfsbildungen eine äolische Entstehung stattgehabt hat, wird namentlich durch die eigentümliche

Fauna erhärtet, welche Nehring im Gipsbruch bei Thiede unweit Wolfenbüttel und bei Westeregeln südwestlich von Magdeburg aufgefunden hat. Diese Entdeckungen gewähren uns einen interessanten Einblick in die Verhältnisse der Lebewelt, welche unmittelbar nach der zweiten Vereisung in unserer Heimat geherrscht haben. In den mit lößartigen Bildungen ausgefüllten Spalten des Gipses fanden sich die fossilen Reste einer großen Menge typischer Steppentiere vor, von denen wir nur den Halsbandlemming und Ohlemming, Polarfuchs, Schneehase, Schneehuhn, Moschusochse, Rentier, Mammuth und Rhinozeros zu nennen brauchen, um eine Tierwelt beisammen zu haben, die heutzutage noch die öde, von Moosen und Flechten bedeckte sibirische Tundra bevölkert, nur mit dem Unterschiede, dafs die grofsen diluvialen Säuger daselbst jetzt nicht mehr ihr Wesen treiben, sondern als Leichen mit Haut und Haaren im eisigen Lehmboden begraben liegen. Nehrings Funde weisen also darauf hin, dafs in der Umgebung der Gletschermassen, namentlich am Rande des grofsen nordischen Inlandseises ganz ähnliche klimatische Verhältnisse geboten waren wie gegenwärtig auf der arktischen Tundra.

Mit dieser arktischen Fauna verschränkt sich nun nach den Löfseinschlüssen eine typische Steppenfauna, die auf ein Steppenklima des vorgeschichtlichen Deutschlands nach dem Rückzug der Eismassen hinweist; dahin gehören Antilopen, Pferde, Wildesel, vor allem aber eine grofse Zahl von Nagern, welche nicht allein bei Thiede und Westeregeln, sondern auch in süddeutschen Gegenden gefunden wurden. Als Nachklang der Eiszeit mufs sich hiernach in Mitteleuropa ein kontinentales, trockenes Klima eingestellt haben, welches weitgedehnte Grassteppen, vielleicht wechselnd mit Waldinseln und Gebüschen, erzeugte und eine Tierwelt herbeilockte, die mehr an gemäfsigte Gegenden gebunden ist als diejenige des südlichen Sibiriens. Hält man an der äolischen Entstehung des Löfs fest, so kann man sich wohl vorstellen, dafs gewaltige Staubstürme über unsere Fluren hingebraust sind, die den feineren Verwitterungsdetritus auf den grasbewachsenen, wenig geneigten Flächen absetzten und durch allmähliche Erhöhung ein Sediment wie den Löfs erzeugten.

Von den Steppen der Vorzeit bis zu dem bewaldeten, moorerfüllten Germanien, das Caesar und Tacitus schildern, vollzog sich ein Übergang, der abermals einen klimatischen Wechsel andeutet. Das trockene kontinentale Klima, unter dem die Graswüste gedieh, wich dem feuchten ozeanischen, welches die Ausbreitung des Waldes begünstigte und die Bewohner der Steppe bis auf einige weniger

empfindliche Formen in die östlichen Gebiete drängte. Die von den nordischen Gletschern verscheuchten Waldbewohner rückten wieder von Süden vor, um ihre alte Heimat zu besetzen; es stellte sich so allmählich die Fauna und Flora ein, welche noch heute den Boden Deutschlands beherrscht.

So ist denn der Boden unseres norddeutschen Tieflandes zum gröfsten Teil ein Geschenk des aufserdeutschen Nordens, zu dem ältere und jüngere Alluvialabsätze nur ergänzend hinzutreten, die teils durch Ströme von Süden hergebracht, teils durch Auslaugung und chemische Niederschläge aus dem Diluvium gebildet wurden. Hierhin gehören der Wiesenthon und Wiesenlehm, die Moorerde, der Torf und die Diatomeenerde, der Wiesenkalk und Raseneisenstein, welche aus dem gelösten, vom Wasser fortgeschwemmten Kalk- und Eisengehalt der Grundmoräne abgesetzt wurden, und endlich die Flufs- und Seesande.

Wie an der Herbeischaffung des Materials, so nahmen die Gletscher der Eiszeit auch an der Herausgestaltung der Oberflächenformen des norddeutschen Tieflandes einen wesentlichen Anteil. Das vereinzelte Auftreten der älteren Formationen, wie des Muschelkalks bei Rüdersdorf, des Muschelkalks und der Kreide bei Lüneburg und in Mecklenburg, des Gips bei Sperenberg, des Jura in Pommern, der Kreide auf Rügen und noch anderer Vorkommen zeigen den Untergrund, auf dem die quartären Ablagerungen zur Ruhe gelangt sind, und es läfst sich wohl der Gedanke nicht ganz zurückhalten, dafs die Lagerungsverhältnisse dieser älteren Schichten einen gewissen Einflufs auf die Herausbildung der jetzigen Tagesoberfläche gehabt haben müssen. Bei der spärlichen Zahl natürlicher Aufschlüsse können nur Tiefbohrungen darüber entscheiden, und wenn diese auch erwiesen haben, dafs das ältere Gebirge eine vielfach gestörte Oberfläche besitzt, so sind sie doch zu gering an Zahl, um weitergehende Schlüsse hiermit zu verbinden.[5]) Aus 198 Tiefbohrungen hat Wahnschaffe gefunden, dafs sich nur in sehr wenigen Ausnahmen, zu denen der baltische Höhenrücken gehört, dessen Kern vom älteren Gebirge gebildet wird, eine Beeinflussung der Gestaltungsverhältnisse des heutigen Bodenreliefs durch die vordiluvialen Schichten erkennen läfst, dafs also die Ursachen dieses Reliefs im Diluvium selbst zu suchen sind. Die eiszeitlichen Aufschüttungen haben ausgleichend und einebnend auf den

[5]) Wir geben hier (nach Berendt) eine Tafel der Tiefbohrungen der Berliner Gegend bis zum Jahre 1880:

(Tabelle zur Note gehörig, siehe nebenstehend.)

unregelmäfsig gestalteten Untergrund eingewirkt, sodafs oft tiefe Lücken im älteren Gebirge durch diluviale Absätze ausgefüllt wurden.

Im epeziellen eind es die hydrographischen Verhältnisee Norddeutschlands, auf welche das Inlandseis der zweiten Invasion während der Abechmelzperiode einen sehr bestimmten Einflufe ausgeübt hat.

Die grofsen Thalsenken, welche in fast ostwestlicher Richtung Norddeutschland durchziehen (Fig. 10), bezeugen deutlich, dafs bei ihrer Bildung einst ganz aufsergewöhnliche Wassermassen mitgewirkt haben müssen, welche offenbar in gar keinem Verhältnis zu den bescheidenen Flüssen stehen, deren Lauf zur Zeit an diese Niederungen gebunden ist.

Wenn wir uns beispielsweise das mächtige Thal gegenwärtig halten, welchee den Unterlauf der Spree beherbergt, in dem ja auch der gröfste Teil unserer Hauptstadt Berlin Platz gefunden hat, so werden wir uns unmöglich mit dem Gedanken zurecht finden können, dafe die Spree sich einstmals zu solch einer gigantischen That aufgeschwungen hat; sie erweist sich vielmehr ale Eindringling in dieses Thal oder nach einer trefflichen Bezeichnung von Berendt „wie die Maus im Käfig des entsprungenen Löwen".

Schon Girard hat in seinem Werke: „Das norddeutsche Tiefland zwischen Elbe und Weichsel", Berlin 1855, die Beziehungen der alten Diluvialthäler zu dem System der norddeutschen Flüsse entwickelt und gezeigt, dafs diese Flüsse bei höherer Lage ihrer gegenwärtigen

Durchbohrtes Gebirge	Berlin, Chausseestrafse 70	Berlin, Moltkestrafse	Berlin, Friedrichstrafse 102	Berlin, Ackerstrafse 94	Berlin, Invalidenstrafse 50	Spandau, Zitadelle
Alluvium und Diluvium	von 0 bis 35 } 35 m	0 77 } 77 m	0 46 } 46 m	0 58 } 58 m	0 62 } 62 m	0 120 } 120 m
Sande, Letten und Kohlen der märkischen Braunkohlen-Bildung (Miocän)	von 35 bis 100 } 65	77 89 } 12	46 92 } 46	58 89 } 31	62 97 } 35	fehlt
Glimmersande mit etwas Letten an der Basis. Oberoligocän	von 100 bis 135 } 35	89 129 } 40	92 130 } 38	89 132 } 43	97 139 } 42	120 138 } 18
Septarienthon des Mitteloligocän	von 135 bis 163 } 28	129 133 } 4	130 149 } 19	132 144 } 12	139 141 } 2	138 314 } 176

Betten, ehe sie sich bis zur jetzigen Tiefe in den Boden eingeschnitten hatten, einen westlichen Lauf gehabt haben müssen. Die späteren Untersuchungen von Berendt haben klar erwiesen, dafs die grofsen Thalsenken alte Stromrinnen sind, welche die Gewässer der Elbe, Oder und Weichsel in die Nordsee führten; überdies haben sie es wahrscheinlich gemacht, dafs diese Stromrinnen von den Schmelzwassern des Eisrandes während dreier Rückzugsetappen der grofsen Inlandseisdecke ausgefurcht wurden. Möglich ist es auch, dafs hierbei grabenförmige Einbrüche des älteren Gebirgsuntergrundes, denen die diluvialen Schmelzwasser jeweilig folgten, mafsgebend waren, wofür unter andern der Umstand spricht, dafs anstehendes Gestein bei Tiefbohrungen in den Thälern meist in tieferem Niveau als auf den Uferhöhen angetroffen wurde.

Nach ihrem Verlauf sind folgende Thalniederungen zu unterscheiden, die auf jeder guten orographischen Karte Norddeutschlands (Fig. 11) deutlich hervortreten:

1. das alte Elbthal, welches von Hoyerswerda aus am Südrand des Fläming vorbei sich etwa in der Gegend von Wittenberg in das jetzige Elbthal hineinzieht. Die Bahnstrecke Hoyerswerda—Wittenberg veranschaulicht gut den Verlauf.
2. das Glogau-Baruther Thal. Dasselbe läfst sich vom Thale des Bartsch über Glogau bis zum Spreewalde und weiter über Baruth bis Genthin verfolgen.
3. das alte Oder- oder Warschau-Berliner Thal, welches die Weichsel nördlich von Warschau mit dem heutigen Oder- und Elbthal verband. Die Niederung folgt der Bzura und Ner, dann dem Warthethal und Obrabruch, von wo sie sich in das heutige Oderthal hineinzieht, dasselbe aber schon südlich von Frankfurt bei Müllrose verläfst, um über Fürstenwalde, Berlin, Spandau, Nauen, Friesack, Fehrbellin in der Gegend von Havelberg mit der Elbe zusammenzutreffen.
4. das alte Weichsel- oder Thorn-Eberswalder Thal. Dieses verläfst bei Fordon die jetzige Weichselniederung und erstreckt sich, der Netze und Warthe folgend, bis Küstrin, läuft eine Strecke mit der Oder zusammen und endigt in jenen Niederungen, welche man bei der Anlage des Finow- und des Ruppiner Kanals benutzt hat.

Alle drei zuletzt genannten Hauptthäler endigen in den weiten Moorniederungen des Havelluches und bilden vereint das durch-

schnittlich 6 km breite untere Elbthal, d. h. den eigentlichen Urstrom Norddeutschlands.

Sind die Parallelthäler, wie es sehr wahrscheinlich ist, durch tektonische Verhältnisse vorgeschriebene Sammelrinnen der Schmelzwasser des nach Norden zurückweichenden Binneneises, so mufs der Baruther Strom zuerst entstanden sein. Beim weiteren Rückschritt des Eisrandes würden dann das Berliner- und das Eberswalder Thal den ganzen von Osten kommenden Wasserreichtum aufgenommen haben. Der Fortbestand der älteren Ströme wurde natürlich durch die Entstehung der jüngeren in Frage gestellt; es traten mit der Abnahme des Wassers Versandungen ein, welche erstere bald zu toten

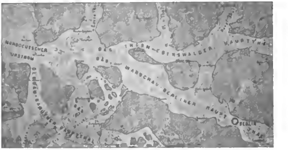


Fig. 10. **Zusammenflufs der alten norddeutschen Stromthäler.**

Thälern machten. Im Berliner Thal blieb dabei nur die von Süden aus dem Lausitzer Berglande kommende Spree mit ihren Nebenflüssen Dahme und Nuthe.

Ein weiteres Stadium in der Entwicklung unseres norddeutschen Flufsnetzes trat ein, als das Inlandseis beim Zurückweichen den baltischen Höhenrücken überschritten hatte. Sei es, dafs die Wassermassen sich durch Schmelzrinnen einen Weg nach Norden bahnten, oder auch dafs Durchbruchthäler, welche durch die rückschreitende Erosion der vom baltischen Höhenrücken abfliefsenden Gewässer geschaffen wurden, hierzu Gelegenheit boten, kurz, Weichsel und Oder hörten auf, der Elbe tributpflichtig zu sein, und sandten, bei Fordon und Oderberg nach Norden umbiegend, ihre Fluten direkt in die Ostsee. Damit waren die heutigen Wasserverhältnisse voll und ganz am Schlusse der Diluvialzeit eingetreten, das hydrographische Bild Norddeutschlands in seiner Hauptsache zum Abschluss gebracht. Unsere Hauptstadt Berlin liegt, wie erwähnt, in dem alten Oderthal;

der innere Teil der Stadt verdankt diesem Umstande seine schnurgeraden Strafsen, die Umgebung aber auch den vielen Sand, der, wie man wohl gesagt hat, Berlin zu einem nordischen Palmyra in der märkischen Wüste macht. Bemerkenswert ist, dafs der ältere Teil der Stadt gerade an der günstigsten Uebergangsstelle zwischen den beiden durch das grofse Längsthal getrennten Hochflächen des Barnim und Teltow liegt, nämlich in der noch über $^1/_2$ bis $^3/_4$ Meilen breiten Thalenge zwischen dem Friedrichshain im Norden und der Hasenheide im Süden. Hierin, bemerkt Berendt, dürfte der erste, man könnte sagen, bodenwüchsige Grund für die allmählich immer gröfser gewordene Bedeutung Berlins gegeben sein, ein Grund, zu dem alle historischen, kommerziellen wie politischen Gründe erst in zweiter Reihe hinzutreten.

Wie das Thalsystem, so steht auch das Vorkommen der Seen im norddeutschen Flachlande in engem Zusammenhang mit der ehemaligen Vergletscherung. Die ganz offenbar zu Tage liegende Beziehung des baltischen Höhenrückens zur mecklenburgischen, pommerschen und preufsischen Seenplatte wird verständlich, wenn man sich die Hemmnisse vergegenwärtigt, welche das Eis beim Überschreiten dieser Hügellandschaft zu überwinden hatte. Durch Aufpressungen und Stauchungen bildeten sich unter Benutzung der vorhandenen Unregelmäfsigkeiten, wie Wahnschaffe darlegt, zahllose natürliche Bodeneinsenkungen in der Grundmoränendecke, welche beim Abschmelzen des Eises Veranlassung zur Seenbildung gaben. Die Mehrzahl der abgeschlossenen, abflufslosen Becken (Fig. 12), deren Uferränder oft sehr unregelmäfsig verzweigt sind, dürfte auf diese Weise entstanden sein; sie sind bis auf den Grund im Geschiebemergel eingebettet und stellen nach Wahnschaffe echte „Grundmoränenseen“ dar.[6])

Bei Betrachtung der Seen mufs man beachten, dafs es selbst auf dem so eng umschlossenen Gebiete des baltischen Höhenrückens sehr verschiedenartige Typen derselben giebt, deren Entstehung auch auf verschiedenartige Bethätigung des Inlandseises und seiner Abflufsgewässer zurückzuführen ist. Im Gelände der Endmoränen treten uns als eine besondere Gattung die „Stauseen“ entgegen, welche dem hügeligen Hinterlande der Geschieberücken ein so abwechselungsvolles Gepräge verleihen. Auf der Wanderung von Chorin nach Nieder-Finow geben der Amts-See, der Weifse-, Bredowin-, Wesen- und Plage-

[6]) Neben Wahnschaffe haben auch Klockmann, Geinitz und Jentzsch die Entstehung der norddeutschen Seen behandelt.

See und vor allen der langgestreckte grofse Paarsteiner See Gelegenheit, diesen Typus der Seenbildung kennen zu lernen, während etwas nordwestlicher bei Joachimsthal der Grimnitz-See ein ausgezeichnetes Beispiel eines Stausees darbietet.

Annähernd radial zu den bogenförmigen Geschiebewällen der uckermärkischen und der übrigen Endmoränen des baltischen Höhenrückens ziehen sich im Vorland derselben langgestreckte, in der Regel sehr schmale aber tiefe Seebecken hin (Fig. 13), die oft in langen Ketten aneinander geschlossen sind und eine auffällige Tendenz zur Moorbildung zeigen.

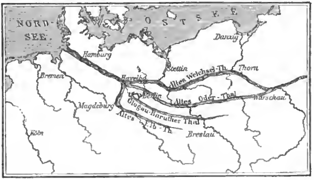


Fig. 11. **Diluviales Flufssystem Norddeutschlands.**
(Nach Berendt).

Es sind dies die sogenannten „Rinnenseen". Berendt und Geinitz haben ihre Entstehung auf Wasserstrudel zurückgeführt, welche längs Spalten des Inlandseises während der Periode des Schmelzens in die Tiefe gelangten und in der Grundmoräne Hohlräume nach Art der Riesenkessel ausgebohrt haben sollen; sie schreiben hierbei der Fallkraft des Wassers eine besonders wichtige Rolle zu. Von dieser Ansicht weicht Wahnschaffe insofern ab, als er die von oben nach unten gerichtete Wirkung nicht für durchaus notwendig erachtet, sondern allein in der Erosion der dem Eisrand entströmenden Gewässer eine hinreichende Kraft für die Austiefung erblickt. Als Typus eines Rinnensees kann der an einigen Stellen 50—60 m tiefe Werbellin-See bei Joachimsthal gelten, dessen Spiegel 22 m unter dem Niveau des Grimnitz-Sees liegt, und der durch den Endmoränenwall von diesem getrennt ist.

An vielen Punkten der Mark, unter anderen auch in der Nähe von Berlin zwischen Lankwitz und Mariendorf kommen eigentümlich runde, trichter- oder kesselförmige, bis zu 10 m tiefe Wasserbecken im Gebiete des oberen Geschiebemergels vor, die man als „Pfuhle" oder „Sölle" zu bezeichnen pflegt. Als Eigentümlichkeit dieser kleinen Wasserlöcher fällt sofort auf, dafs sie selten allein liegen, sondern meist in Reihen hintereinander geordnet sind. Diese Gebilde haben schon frühzeitig, ehe man an die Eisbedeckung Norddeutschlands dachte, die Aufmerksamkeit einiger Naturforscher erregt, zu denen unter anderen auch der Königlich Preufsische Oberkonsistorial- und Oberbaurat Silberschlag gehörte, ein, nebenbei bemerkt, um die Hydrotechnik sehr verdienter Mann, der wie mancher andere Forscher das Bedürfnis fühlte, die Natur im Sinne der mosaischen Schöpfungsgeschichte zu erklären. In seinem Buche: „Geogenie oder Erklärung der mosaischen Erschaffung nach physikalisch-mathematischen Grundsätzen", Berlin, 1780, hat er sich auch mit der Entstehung der Sölle beschäftigt. Sie sollen seiner Theorie gemäfs ausgebrannte Krater sein, während die in ihrer Umgebung herumliegenden Geschiebe nach ihm vulkanische Bomben darstellen, mit denen die Feuerberge das Land überschüttet haben. Ein dem Werke beigegebener Holzschnitt (Fig. 15) stellt recht drastisch den Bildungsvorgang eines solchen Pfuhls dar. So wunderbar uns aber auch Silberschlags Ideen berühren, so mufs man doch in Betracht ziehen, dafs sie nicht ganz aus dem Rahmen der geologischen Träumereien jener Zeit, in der die ersten Keime zu einer vernünftigen Entwickelung der Erdkunde gelegt wurden, herausfallen. Hat doch selbst ein so hochverdienter Forscher wie L. von Buch an ein durch Wasserfluten bewirktes Herüberschleudern der Irrblöcke von Skandinavien her gedacht, und anderen, welche mit der Arbeit Neptuns nicht ganz zufrieden waren, mufste gar der bombardierende Pluto aus der Verlegenheit helfen. Es gab eine Zeit, in der man bei Erklärung der geologischen Erscheinungen des norddeutschen Flachlandes selbst die Feuergewalten der Tiefe nicht entbehren zu können glaubte, dann traten allmächtige Wasserfluten an ihre Stelle, und wir endlich sind bei den Riesengletschern angelangt, die zwar das grofse Geheimnis vollkommen erklärt haben, doch auch unserer Vorstellungskraft Schwierigkeiten bereiten würden, wenn nicht Grönlands Eisdecke den Beweis geliefert hätte, dafs das scheinbar Unfafsbare in der Natur zu den Möglichkeiten gehört. Vergleicht man die Ausdehnung des eiszeitlichen Inlandseises mit derjenigen Grönlands oder gar der antarktischen Regionen, so verschwindet das zweifelnde Staunen,

welches der Idee eines völlig vergletscherten nördlichen Europas gewöhnlich entgegengebracht wird.

Im Sinne der Glazialtheorie finden die Pfuhle oder Sölle der



Fig. 12. Wootzensee, Typus eines Grundmoränensees.



Fig. 13. Der schmale Luzinsee bei Feldberg, Typus eines Rinnensees.

norddeutschen Niederung eine sehr einfache Erklärung. Genau so wie die Riesenkessel durch Ausstrudelung im festen Felsengestein erzeugt wurden, konnten auch die in Eisspalten herabstürzenden Schmelzwasser auf den Geschiebemergel ausstrudelnd einwirken und

in dem weit weniger widerstandsfähigen Boden entsprechend umfangreichere und tiefere Wannen ausgraben. Die kettenförmige Anordnung dieser „Grundlosen", wie das Volk die Pfuhle zu nennen pflegt, unterstützt offenbar diese Deutung; sie läfst sich schwer mit jener anderen Theorie vereinbaren, welche in ihnen Einsturzlöcher erblickt, nicht etwa wie Dolinen und Pingen infolge von Gesteinsauslaugung entstanden, sondern infolge des Schmelzens von in der Grundmoräne eingeschlossenen Eismassen, wie diese gegenwärtig noch als Steineis auf den Neusibirischen Inseln vorkommen.

Beim Vordringen von Skandinavien nach Deutschland mufste das Inlandseis das Ostseebecken durchqueren. Die Frage, ob dieses Becken bereits in präglazialer Zeit existiert hat und während des gewaltigen nordischen Geschiebetransportes von Wasser bedeckt gewesen war, oder ob die Wasserbedeckung erst später eingetreten ist, ergänzt so wesentlich das Bild unserer Vorstellung über die eiszeitlichen Verhältnisse, dafs wir bei ihr noch einen Augenblick verweilen wollen. Wir schliefsen uns hierbei den Ausführungen an, welche Rudolf Credner in seinem auf der letzten Naturforscherversammlung zu Lübeck gehaltenen Vortrag „Über die Ostsee und ihre Entstehung" gegeben hat.

Tiefbohrungen im Gebiete der baltischen Landschwelle und der angrenzenden Küstengegenden weisen auf so beträchtliche Niveauunterschiede in der Höhenlage der norddeutschen Grundgebirgsoberfläche hin, dafs diese wohl nicht auf Faltenwurf allein zurückzuführen sind, sondern mit Hebungen und Senkungen von Schollenkomplexen längs Verwerfungsspalten in Verbindung gebracht werden müssen. An zahlreichen Punkten des baltischen Landrückens tritt anstehendes Gestein in bedeutenden Höhen über dem Meeresspiegel zu Tage, z. B. in Mecklenburg bis zu einer Höhe von 103 m, während dagegen in der Randzone des Ostseebeckens, z. B. bei Rostock 80 bis 88, bei Stralsund 45 bis 62, in Greifswald bis 50, in Königsberg 22 bis 54 m vom Erdbohrer in diluvialen Ablagerungen durchsunken werden mufsten, ehe die Oberfläche des älteren Gebirges erreicht wurde. Das ganze baltische Gebiet stellt also eine vielfach verworfene, sogenannte Schollengebirgslandschaft dar, die Grabeneinbrüchen und dazwischen stehen gebliebenen Horsten ihre Entstehung verdankt.

Derselbe tektonische Bau beherrscht, wie Credner des näheren ausführt, auch den Untergrund des heutigen Ostseeareals zwischen Schweden und Deutschland, d. h. eine Zone von Einbrüchen verschiedenen Betrages gab in präglazialer Zeit die Grundlage für das

Bodenrelief des baltischen Beckens, an dessen weiterer Ausgestaltung und Modellierung sich die von Norden in dasselbe eindringenden Gletscber betbätigt haben.

Nach Credners Meinung war zu jener Zeit, als das nordische Inlandseis sich in das Becken der beutigen Ostsee schob, eine Wasserbedeckung desselben nocb nicht vorhanden. Er sagt: „Scbon die Wanderung der Hunderte von Metern mäcbtigen Inlandseisdecken und Eisströme über die Gegend des beutigen Ostseebeckens, der Transport ferner der Grundmoränen an der Basis dieser Binneneis-



Fig. 14. **Pfuhl oder Söller bei Hagebök in Mecklenburg.**
(Nach Geinitz).

massen schliefsen das Vorhandensein eines gleichzeitigen Meeres innerhalb des Vergletscherungsgebietes aus. Ungebindert konnten infolge dessen auch bier die Eismassen ihre zerstörende und abtragende Thätigkeit ausüben."

Der auffällige Unterscbied zwischen den nordöstlichen und südlichen Teilen des baltischen Beckens, der sich sowobl im Bodenrelief wie auch in den Tiefenverbältnissen und Küstenformen zu erkennen giebt, beruht auf der verschiedenartigen Bethätigung des Inlandseises. Wäbrend der bottniscbe Meerbusen und der gröfsere, zentrale Teil der Ostsee ein Gebiet vorherrscbender glazialer Erosion war, aus welchem ungeheuere Moränenschuttmassen durch das Eis fortgeschleppt worden sind, ist der südlicho Teil der Ostsee, den man wohl auch die Belt-Seo genannt hat, ein Gebiet vorherrscbender Anhäufung für diese

Massen geworden. Der feste anstehende Fels, welcher im Norden im Bereiche des Schärengürtels an den finnischen und schwedischen Küsten, ausgestattet mit den charakteristischen Spuren der abhobelnden, erodierenden und denudierenden Wirkung des Eises, mit Rundhöckern, Gletscherschliffen und Schrammen, überall frei zu Tage tritt, ist im Süden von einer Decke aus Glazialschutt, der dem nördlichen Erosionsgebiet entstammt, vollkommen überkleidet, so dafs die tektonischen Grundzüge des südlichen Ostseebeckens verwischt und verhüllt sind oder doch nur an den wenigen Stellen offen liegen, wo, wie auf Rügen, das ältere Gebirge durch die Bildung der Steilküsten nachträglich blofsgelegt worden ist. War so durch endogene und exogene Vorgänge die Grundlage für die Entstehung des baltischen Beckens gegeben, so hat dasselbe doch am Schlusse der Eiszeit und im postglazialen Zeitalter noch mannigfache Wandlungen erfahren, ehe daraus die heutige Ostsee hervorging. Älter als die Wasserbedeckung der zwischen Westdeutschland, Dänemark und Schweden sich ausdehnenden Belt-See, die auf spätere Senkungen zurückzuführen ist, dürfte jedenfalls diejenige der inneren Region des Ostseebeckens und des bottnischen Busens sein. Auf den gehobenen Küsten bei Stockholm und Upsala sowie auch in Westpreufsen sind nämlich marine Thonablagerungen aufgefunden worden, welche Reste von Schaltieren enthalten, unter denen als rein arktischer Typus Yoldia arctica vertreten ist, eine Muschelart, die gegenwärtig nur als Bewohner hochnordischer Meere vorkommt. Die Erklärung dieser Funde ist in verschiedener Weise versucht worden. Einige Naturforscher nehmen an, dafs schon in präglazialer Zeit eine Verbindung zwischen Ost- und Nordsee in Form eines Meeresarms bestanden habe, der sich quer durch Schleswig-Holstein bis nach Westpreufsen hinzog, andere dagegen, wie Lovén und Torell, meinen, dafs die innere Ostsee einst ein westlicher Arm des Eismeeres gewesen sei, der sich durch den finnischen Busen über den Ladoga- und Onega-See in das weifse Meer zog, und dafs sie durch diesen ihre Tierwelt erhalten habe. Indessen haben neuere russische Forschungen für die letzte Ansicht keine Anhaltspunkte ergeben. Credner, welcher in seinem Vortrage beide Annahmen zurückweist und auch die Meeresbedeckung der inneren Ostsee mit dem Abschmelzen der Eismassen am Ende der Glazialzeit zusammenfallen läfst, sucht die Zugangsstrafse der Eismeermollusken in einer Verbindung zwischen Nord- und Ostsee, die sich, der südschwedischen Senke folgend, von Gefle und Stockholm über den Wettern- und Wenernsee bis zum Kattegat und Skagerak erstreckte und noch gegenwärtig an

marinen Ablagerungen verfolgbar ist. So sind die Anhäufungen von Muschelschalen in der Nähe des nördlich von Gothenburg liegenden schwedischen Badeortes Uddevalla, die in einer Mächtigkeit von 30 m

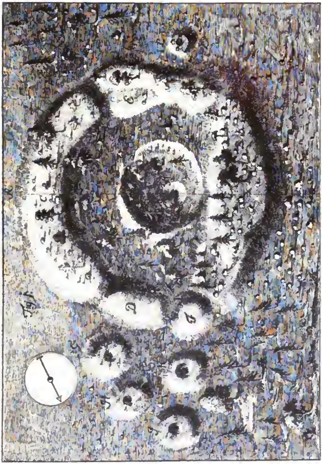


Fig. 13. **Ein Söller der norddeutschen Tiefebene als Krater, umgeben von herausgeschleuderten Blöcken.** C, D, E, F gehören zum Kraterrand, G, H, I, K, L sind Nebenkrater. (Aus Silberschlags Geogenie, 1780.)

auf dem gehobenen, von der Brandung geglätteten Gneisfels in einigen Kilometern Entfernung vom jetzigen Meeresstrand ruhen, nur der Anfang zu einer unterbrochenen Kette von Meeresabsätzen, welche sich in der bezeichneten Richtung weit in das Land hinein erstreckt.

Den Charakter als Eismeer verlor die Ostsee in einer späteren Zeit, als eine Hebung des Landes erfolgte. Bedeckt von marinen Sedimenten tauchten die Küsten des nördlichen und südlichen Schwedens allmählich höher aus den Gewässern empor; es trat so eine Verflachung der alten Zugangsstrafse zur Nordsee ein, die später völlig zu existieren aufhörte. Nur die Reihe der schwedischen Seen namentlich der Wettern- und Wenernsee, macht diese Strafse heute noch als ehemaligen Meeresarm erkenntlich, wobei als besonders auffälliges Moment hinzutritt, dafs diese Seen durch ihre zum Teil noch jetzt vorhandene marine Fauna sich als echte Reliktenseen erwiesen haben.

Durch die Landbrücke gegen das Weltmeer abgesperrt, wurde die Ostsee in ein Binnenmeer umgewandelt. Das Süfswasser, welches die Flüsse hineinführten, nahm überhand und tötete die meisten polaren Tierformen. Es stellte sich dafür eine Süfswasserfauna ein, deren Reste in sandigen und thonigen Sedimenten (Aucylusschichten) auf den gegenwärtig dem Meeresspiegel entstiegenen alten Uferstrecken unmittelbar über den Ablagerungen der arktischen Mollusken gefunden werden.

Aber auch dieses Binnenmeer war von vorübergehender Dauer. Ein Brackwasser-Binnenmeer von höherem Salzgehalt, als die heutige Ostsee ihn aufzuweisen hat, trat an dessen Stelle. Die Hebungen im Norden des skandinavischen Festlandes verschoben die Wassermassen nach Süden hin, sodafs sich dieselben über die dortigen, bisher noch festländischen Teile des Ostseebeckens ausbreiteten, und zwar über einen Boden, der ebenfalls noch nicht in den Zustand statischer Ruhe gelangt war. In diese Zeit fällt die Bildung der heutigen Beltsee. Das gleichzeitig durch seine Süfswasserzuflüsse angeschwellte Binnenmeer mufste sich einen neuen Ausweg zum Weltmeer suchen und eröffnete sich im Süden einen solchen durch Durchbruch der beiden Belte und des Sundes, die eine Verbindungsstrafse mit dem Kattegat und der Nordsee herstellten. Mit dem Eindringen salzhaltigen Wassers auf diesem Wege vollzog sich wiederum eine Wandlung der Tierformen, indem eine an verhältnismäfsig hohen Salzgehalt gebundene Brackwasserfauna bis in die nördlichsten Teile der Ostsee vordrang, wie ihre noch jetzt an den Gestaden des bottnischen Meerbusens lagernden Reste bekunden.

Durch die Bildung der Beltsee und Eröffnung der dänischen Sunde erhielt das baltische Meer im wesentlichen seine heutige Konfiguration und Ausdehnung. Eine kleine Modifikation der Tierwelt, die sich gegenwärtig als ein sehr verkümmerter Rest der Nordsee-

fauna erweist, haben neuere Ereignisse hervorgerufen. Seit historischen Zeiten steigt das skandinavische Massiv aus den Fluten der Ostsee empor, abermals seit jener Epoche, in welcher es von den Wellen eines Eismeeres umspült wurde. Mit dieser Hebung, die zweifellos schon Jahrtausende andauert, hat sich auch die Tiefe der Zugangsstrafsen verringert, durch welche Nord- und Ostsee ihre Gewässer austauschen. Der Salzwasserstrom, der in das Binnenmeer eindringen kann, ist gegen früher geringer geworden; die Aussüfsung des Beckens greift daher mehr und mehr um sich und prägt der Lebewelt ihren heutigen Charakter auf.

Durch die Annahme, dafs diese Wandlungen erst unmittelbar nach der Zeit eisiger Ruhe eintraten, die sich auf das nördliche Europa herabsenkte, vor allem, dafs die Beltsee zu der jüngsten Schöpfung in der langen Kette dieser Wandlungen gehört, dürfte die Schwierigkeit beseitigt werden, welche in der Vorstellung einer das Meer mitsamt seiner Grundmoräne durchdringenden Inlandseisdecke enthalten ist. Ungezwungen erklärt sich so wenigstens, weshalb die norddeutschen Küstengebiete, Schleswig-Holstein, Mecklenburg, Pommern und Westpreufsen, den vollkommen gleichen Charakter in Bezug auf Bodenbeschaffenheit darbieten wie die sämtlichen Teile Dänemarks und die südschwedischen Landschaften Halland, Blekingen und Schonen. Hier wie dort ist der durch Fruchtbarkeit und Ergiebigkeit ausgezeichnete Geschiebelehm die mafsgebende Oberflächenformation, während südlich vom baltischen Höhenrücken die durch die Schmelzwasser beeinflufste, für den Ackerbau weniger günstige Zone von Decksanden folgt, der sich dann wiederum am Rande der deutschen Mittelgebirge der ertragreiche Löfsstreifen anreiht.

Es ist zweifellos, dafs die Lehme, Thone, Mergel, Sande und Kiese, welche uns allerorts auf den norddeutschen Fluren begegnen, nicht gerade dazu angethan sind, unser Interesse anzulocken und in gleicher Weise zu reizen wie etwa jene die Phantasie gefangen nehmenden Felsenlandschaften des deutschen Mittelgebirges oder gar die himmelanstrebenden Berge unseres Alpenlandes. Von dieser Schwäche menschlichen Geistes, die sich vom äufseren Schein leiten läfst, hat sich auch der Geologe für lange Zeit nicht ganz befreien können. So kam es denn, dafs er die Diluvialablagerungen bis vor kurzem von einem sehr einseitigen Standpunkt aus betrachtete, denselben wenig oder gar keine Bedeutung für die Erweiterung seiner Wissenschaft beimafs. Er zog vielmehr hinaus in die Gebirge, um die Gesteinsschichten zu erforschen, und da der Fragen und Rätsel

daselbst noch genug zu lösen waren und noch lange bleiben werden, ist es auch begreiflich, dafs der Geognost sich immer wieder zu den Bergen hingezogen fühlte, wo versteinerte Blätter das grofse geheimnisvolle Buch der Natur leichter als im Flachland zu entziffern gestatten.

Den anfänglich mit Mifsfallen betrachteten, so sehr vernachlässigten Quartiärbildungen ist die gebührende Würdigung erst in den letzten Jahrzehnten zu teil geworden. Um ihre Erschliefsung haben sich neben den schwedischen Forschern die deutschen, besonders unsere Berliner Gelehrten, verdient gemacht. Und was sich so oft im Leben wiederholt, dafs das wenig Beachtete, äufserlich Unscheinbare, bei liebevoller Anteilnahme und Pflege einer ungeahnt fruchtbringenden Entwicklung fähig ist, das hat sich auch in der Wissenschaft bestätigt gefunden. Mehr denn jene dem Geologen einst so erstrebenswerten Gesteinsschichten hat das Diluvium dazu beigetragen, dafs unser geistiges Auge jetzt rückwärts blicken kann in jene entlegenen Zeiten der Vorgeschichte, in denen unsere heimatlichen Fluren gleich Grönland unter Eismassen begraben lagen.

Der Kampf um den Nordpol.

Nach eeinem gleichnamigen Urania-Vortrage bearbeitet
von Dr. M. Wilhelm Meyer.

(Fortsetzung.)

2. Die öeterreich-ungarieche Expedition.

Ein englischer Polarforscher von grofsem Ruf, Robert Brown, sprach sich eeiner Zeit folgendermafsen aue: „Die Resultate der deutschen Expedition eind von so hohem wissenschaftlichen Werte, dafe niemand leugnen wird, diese Expedition eei weitaus die vorzüglichete diesee Jahrhunderts. Die Ursache ihree Erfolges aber ist die Sorgfalt, mit welcher Dr. Petermann den Plan zu dieeem glücklich durchgeführten Unternehmen ausarbeitete." Dr. Petermann, der berühmte Gothaer Geograph, war ee bekanntlich auch gewesen, welcher die Mittel zu der geeamten Auerüetung beechafft hatte.

Nicht nur um die Entdeckung neuer Länder handelt ee eich bei eolchen Fahrten. Alle Naturerscheinungen und -beziehungen sind hier interessant und wertvoll zum Verständnis des Gesamtbildes der Natur. Die Schwankungen der Temperaturverhältnisee in diesen hohen Breiten während eines Jahreszeitenwechsele durch regelmäfsige Beobachtungen feetzulegen, ist von grofser Wichtigkeit, wenn man die Linien gleicher Durchschnittstemperatur über die ganze Erde auszudehnen trachtet, um das Konstante in dem ewigen Wechsel der Wettererscheinungen zu erkennen. Will man genauer wissen, welcho Gestalt der Weltkörper besitzt, auf dessen Oberfläche wir durch das Universum ziehen, eo mufe man Erdmessungsarbeiten auoh im hohen Norden vornehmen, wo die Abplattung des Planeten ihre stärkste Wirkung zeigt. Weiter kann une der Abdruck eines ganz winzigen Blättleins, das man dort oben im geschichteten Gestein findet, die wunderbarsten Aufschlüfse über die fernste Vergangenheit unseres irdischen Wohnsitzes geben: Ein versteinertes Palmblatt, dort oben unter ewigem Eis gefunden, erzählt uns von den ungeheuren, uns heute noch völlig

rätselhaften Wandlungen, welche die Klimate der Erde in den geologischen Zeitaltern erlitten, die in Zukunft auch die Lebensbedingungen völlig verändern müssen, unter denen wir uns heute glücklich fühlen. Ganz besonders aber reizen die mysteriösen Erscheinungen des Erdmagnetismus die Forschungslust des Polarreisenden, jene elektrischen Zuckungen, die den umwälzenden Erdkörper durchziehen und die heftiger werden oder sich beruhigen je nach der gröfseren oder geringeren Gewalt, mit welcher die Materie der Sonne, Flecken bildend, in Wallung gerät. Bei ihren wildesten Ausbrüchen flammt dann auch bei uns das geheimnisvolle Polarlicht auf, das gröfste und schönste Wunder dieser Zone.

Über alle diese interessanten Fragen hatte die deutsche Expedition neue und wertvolle Aufschlüsse gebracht. Von ganz besonderer Wichtigkeit aber war jenes negative Resultat, welches besagte, dafs man längs der Küste von Ostgrönland für das Vordringen nach Norden die denkbar ungünstigsten Eisverhältnisse antrifft. Die Hansamänner dankten ihre Rettung allein der Thatsache, dafs die Eismassen hier in nahezu beständiger Strömung von Norden hinwegtrieben. Der Angriffspunkt für den grofsen Kampf um den Pol mufste offenbar immer noch weiter nach Osten verlegt werden.

Um die Verhältnisse der neu zu suchenden Angriffspunkte näher kennen zu lernen, organisierte sich in Österreich bald nach Rückkehr der Germania unter der begeisterten Anregung Julius von Payers eine neue Unternehmung, der Graf Wilczek die nötigen Mittel schenkte, um die nordöstliche Durchfahrt zu suchen. Man wollte die Nordküste Asiens umschiffen und dann durch die Behringstrafse, welche diesen Kontinent von dem amerikanischen trennt, den Rückweg über Indien antreten.

1871 war unter Payer und Weyprecht bereits eine Vorexpedition glücklich verlaufen, welche die Eisverhältnisse des Meeres zwischen Spitzbergen und Nowaja-Semlja zu erforschen hatte. Ein Jahr darauf dampfte der „Tegetthoff“ von Tromsö mit ihnen ab.

Aber das Eis war in diesem Jahre ganz bedeutend weiter nach Süden vorgedrungen als im vergangenen, und bereits Ende Juli, noch bevor man nach Nowaja-Semlja kam, war das Schiff eine Zeit lang im Eise gefangen. Bald nachdem man wieder loskam, hatte man die doppelte Freude, dem „Isbjörn“ zu begegnen, dem befreundeten Schiffe, das mit dem Grafen Wilczek vorausgeeilt war, um bei dem im Norden der russischen Doppelinsel gelegenen Kap

Nassau ein Lebensmittel-Depot für Fälle der Not anzulegen. Welche Freude solch ein Wiedersehen im unwirtlichen Eismeer, woselbst sich nur noch einige Walfischfänger und Robbenschläger im Hochsommer aufhalten, bedeutet, mag man sich vorstellen. Die Freunde gehen zurück nach der Heimat; sie können einen letzten Grufs an die Lieben mitnehmen.

Doch nun hiefs es auch hier von einander scheiden.

Schon begannen die Masten des kleinen Seglers am Horizonte zu verschwinden, und Eisberge, höher und höher aufgetürmt, schoben sich zwischen die Freunde. Bald versteckt sich der Isbjörn hinter ziehenden Nebeln, bald taucht er wieder aus ihnen hervor, und, nachdem er offenbar längst hinter dem Horizonte stehen müfste, tritt er mit einem Male wieder ganz grofs und wunderbarerweise auf den Kopf gestellt, den Rumpf nach oben, die Masten nach unten gekehrt, hervor; ja selbst mehrmals übereinander sieht man nun die Erscheinung, Spiegelbild an Spiegelbild gereiht. Diese Fata-Morgana-Phänomene sind hier in der Zone gröfster Temperatur-Extreme noch häufiger als im heifsen Äquator-Gürtel der Erde, wo man solche Trugbilder zuerst wahrnahm. Hier wie dort entstehen sie durch abnorme Lichtbrechungen an dicht übereinander lagernden Luftschichten von sehr verschiedener Temperatur, welche die Gröfse der Strahlenablenkung bedingt. Nirgends so leicht wie hier können solche luftigen Spiegel entstehen, wo über eisigen Nebelschleiern, welche sich eng an die treibenden Schollen lagern, die nie untergehende Sonne des nordischen Sommers Temperaturen dauernd zu erzeugen vermag, die denen unseres Juni gleichen.

Weiter dampft der Tegetthoff; die Eisberge wagen sich immer näher heran, „ein für den Nordpolfahrer anheimelnder Anblick", meinte Payer, der zum dritten Male mit diesen schwimmenden Gebirgen Gemeinschaft machte. In der That ganz wunderbar erscheinen oft die Gebilde des Polarkreises. Da giebt es deren, die auf ihren flachen Rücken kleine Seen tragen, in welchen das Schmelzwasser sich sammelt, das wochenlang ununterbrochener Sonnenschein überall herabrieseln läfst. Von diesen findet es in unsichtbaren Eisspalten seinen Weg, und plötzlich tritt es dann irgendwo an einer steil ins Meer abfallenden Eiswand wieder zu Tage als brausender Wasserfall, der sich ein beständiges Bett in die schwimmende Krystallwand gewühlt hat. Scenerien und Wechselwirkungen, die wir sonst nur gewohnt sind in dem unerschütterlichen Felsbau der Gebirgsmassen zu erblicken, begegnet man hier auf schwimmenden Eisinseln. Aber ganz

plötzlich kann solch ein krystallener Berg seine Vergänglichkeit verraten, indem er unversehens umkippt und mit wildem Donnerbrausen im Laufe weniger Sekunden sein Unterstes zu oberst kehrt.

Abermals einen Umkreis hatte nun die Sonne vollendet. Der Tegetthoff nahm seinen Kurs nach Norden, und auch dorthin zeigte ihm die Sonne den Weg. Eine neue Wundererscheinung zeigte sich am Himmel; die glühende Mitternachtssonne verdoppelt und vervierfacht sich. Nebensonnen treten auf, erzeugt durch die Wiederspiegelung des Sonnenbildes in den feinen Eiskrystallen, welche hier oft dicht gedrängt in der Atmosphäre schweben. Auch über unseren Erdstrichen giebt es solche Eisnebel. Sie bilden die zarten Schäfchenwolken in den höchsten Regionen des Luftkreises. Aber in der Polarzone kommen dieselben weit näher zur Oberfläche herab und zeigen deshalb viel schöner jene reizvollen Phänomene der höheren Luftschichten, von denen wir meist nur einen ganz matten Schimmer mühsam erkennen.

Immer schwerer kämpfte das Schiff mit den anstürmenden Eiskolossen, die ihre Barrikaden diesmal um mehrere Breitegrade südlicher vorgeschoben hatten, als sie auf der vorjährigen Rekognoscierungsfahrt vorgefunden worden waren; es giebt günstige und ungünstige Jahre für Nordpolfahrer.

Sonst ist in den nördlichen Teilen von Nowaja-Semlja, denen man nahe war, die Lufttemperatur gegen Ende August nicht viel von 0^{0} verschieden; unsere Polarfahrer aber fanden 3—6 Grad unter Null, und es fiel reichlich Schnee. Die Aussichten, noch in diesem Jahre die sibirische Küste zu erreichen, wo man zu überwintern gedacht hatte, wurden ungemein gering, ja bald sah man sich vom Eise völlig umzingelt; das allgemeine Schicksal aller Schiffe, die ein gleiches Ziel kühnen Mutes aufsuchten, traf den Tegetthoff doch allzufrüh. Noch angesichts der Küste jener Insel wurde er vom Eise besetzt, um von demselben nicht wieder losgelassen zu werden. „Nicht mehr Entdecker waren nun seine Insassen, sondern unfreiwillige Passagiere des Eises.“ Zuerst trieb es sie im Zickzack in der Nähe der Insel hin und her, dann eine Weile nach Nordosten, dann wieder in labyrinthischen Kurven fast auf demselben Fleck herum. „Zuerst suchten wir“, so schreibt Payer, „den Augenblick der Befreiung in kommenden Stunden, dann in Tagen und Wochen, dann in bestimmten Jahreszeiten und dem Wechsel der Stürme, endlich in der Gunst neuer Jahre. Aber sie kam niemals, diese Stunde!“[3]) Langsam, in endlosen Windungen ging die Fahrt weiter, im grofsen und ganzen nordwärts, dem

[3]) A. a. O. S. 25.

Unbekannten, Leblosen entgegen, umgekehrt wie die Schollenfahrt der Hansamänner, die dem bewohnten Süden zu gerichtet war.

Der Sommer verging ohne irgend eine Änderung in der wohl nicht verzweifelten, aber entsetzlich einsamen Lage der im Eise Gefangenen. Nun streifte zum letzten Male der blutig rote Sonnenball am Horizont im Süden hin; morgen und die nächsten Monate wird er nicht wiederkehren, wer weifs ob man ihn jemals wieder sieht.

Immer tiefer zog die Schraubenlinie des Sonnenweges ihre Kreise. Zuerst tritt eine wochenlange Dämmerung ein, bis die Sonne mehr als 18½ Grad unter den Horizont gesunken ist, dann vertritt diese Dämmerung die Rolle unseres Tages, schliefslich sieht man nur noch an sehr klaren Mittagen ein zartes Orangelicht im Süden, „grünlich umsäumt, scharf vom dunklen Himmel, noch schärfer vom Horizonte begrenzt“.[4]) „Enger wird mit jedem Tag der Kreis des Sehens und der Bewegung, immer fahler das Antlitz der Natur. Keine Lichter erblühen mehr auf den Seen der eisigen Wildnis; die Vögel sind fort, schlafwandelnd irrt der Bär umher; selbst die Eisberge frieren ein, stehen still, als fänden sie ihre Bahn nicht mehr. Hierhin und dorthin wehen rauhe Lüfte, sie tragen die ächzenden Eistafeln zu rätselhaften Irrgängen. Nebel rauchen aus den schwarzen Meeresspalten auf. Nur die Rätsel des Himmels führen noch ihre erhabene Sprache. Flimmernd über der frosterfüllten Leere wölbt sich der unermefsliche Himmelsdom, farbige Lampen hängen an ihm nieder, an unsichtbaren kosmischen Gesetzen; wie ruhelose Geister irren die Sternschnuppen durch den Raum, und geräuschlos ändern die Sternbilder ihre Lage. Sie sinken unter die schwarzen Eisgruppen des Horizontes hinab, neue tauchen auf, und ihr Lächeln zittert ununterbrochen in dem Kreislauf einer hundertundneuntägigen Nacht. Aber wenn der Mond aufgegangen, giebt es keine Finsternis mehr! Im Norden ist der Mond ein Ereignis, das Leben, — Alles — weil das einzige sinnliche Band, das die in Nacht und Eis Gebannten noch an die Heimat knüpft. Und wie des Mondes Schimmer fällt auf die nichtigen Gebilde aus Schnee, und des Frostes Diamanten erblitzen in seinem Licht, so ergreift er auch den Geist des Menschen. Als wiedergekehrter Freund und wachender Genius blickt er herab; beredt und doch so schweigsam, strahlenreich und doch in starrer Ruhe dahinziehend, entrollt er eine ununterbrochene Reihe zaubervoller Bilder“ [5]) während zweier Wochen, die er vom

[4]) A. a. O. S. 61.
[5]) A. a. O. S. 62—64.

ersten bis zum letzten Viertel über dem Horizonte bleibt; denn nur um die Neumondsperiode herum weilt er in der Nähe der verschwundenen Sonne.

Und nachdem der Mond auch wieder untergetaucht, hebt sich dafür eine andere Lichterscheinung über den südlichen Horizont; ein Nordlichtbogen! Das wunderbarste aller Phänomene der Polarzone! Unbeschreiblich in seiner Vielartigkeit der Form und Bewegung, befolgt es nur das eine Gesetz, dafs seine schiefsenden Strahlen, Bänder und Flammen, die den ganzen Himmel mit einer wilden Feuersbrunst zu überziehen scheinen, immer in einem ganz bestimmten Punkte des Himmels zusammenlaufen zu einer wundervollen Nordlichtkrone, in dem Punkte, nach welchem eine frei bewegliche Magnetnadel emporzeigt. Die Magnetnadel steht immer in Nord-Süd-Richtung, das weifs ein jeder; aber das ist keineswegs ganz richtig, die magnetischen Pole der Erde fallen nicht mit den geometrischen zusammen. Der magnetische Nordpol ist längst auf einer Insel des Archipels im nördlichsten Amerika, Boothia-Felix, entdeckt, aber er wandert, von einer mysteriösen Kraft getrieben, seither unter der Erdoberfläche fort. Wo er sich befindet, zeigt die Magnetnadel weder nach Süden noch nach Norden, sondern nur unter die Erde hinab. Dort also liegt das Geheimnis des Magnetberges vergraben, von welchem die alten Seefahrer gefabelt hatten. Für unsere Polarfahrer betrug die maximale Inklination der Magnetnadel immerhin über 82°; das Südende zeigte also beinahe gegen den Zenit, und hier ist es, wo die Strahlen des Nordlichtes in ungestümen Zuckungen zusammenschiefsen, wenn zugleich die Magnetnadel eine grofse Unruhe zeigt, und, was das wunderbarste ist, wenn auf jenem fernen Weltkörper, den die Erde umkreist und welcher jetzt seit Monaten für die einsamen Forscher unsichtbar geworden ist, auf der Sonne, besonders gewaltige Fleckengruppen gerade jenen Meridian passieren, der auf der Verbindungslinie zwischen Erde und Sonne liegt. Wenn das Nordlicht über den Himmel hinflammt, so offenbart es den geklärten Blicken der Forscher, dafs, wie fern sich uns auch der Centralherd aller Kraft befinden mag, sein mächtiger Einflufs auf die Erdennatur wohl schwankt, doch niemals aufhört. —

Aber nur von kurzer Dauer ist diese geheimnisvoll schöne Erscheinung. Die Polarnacht, kaum durch sie aufgehellt, wie vom Scheine des Mondes in seinem Viertel, kehrt zurück. Und nur in bevorzugten Tagen, wenn man von solchen hier reden darf, ist es den Schollenfahrern vergönnt, die geschilderten Wunder des Himmelsgewölbes zu geniefsen.

„Keine Gewohnheit söhnt den Kulturmenschen mit der dunklen Einöde aus; ewig fühlt er sich als Fremdling in einem Klima, gegen das er ohne Unterlafs zu kämpfeu hat, und welches nur wenigen Tieren und solchen Menschen eine Heimat ist, die, ihr Dasein unter Essen und Schlafen verbringend, die Erinnerung an eine bessere Existenz nicht kennen.“[6])

„Ein unbeschreiblich festliches Ereignis ist deshalb die Wiederkehr der Sonne für die Polarfahrer. Wie mit dem Wunderglauben vergangener Tage erneuert er in jenen furchtbaren Einöden den uranfänglichen Kultus des ewigen Gestirns.“[7]) Es war Mitte Februar 1873, als sich die in ihrem Schiff auf der Eisscholle Treibenden unter etwa $79^1/_2$ Grad Nordbreite an einer Stelle befanden, welche man von dem Punkte aus, an dem sie im August des Jahres vorher vom Eise gefangen genommen wurden, unter Dampf im offenen Meere in 3 Tagen hätte erreichen können. Am 19. Februar sollte der Rechnung gemäfs die Sonne zuerst wieder aufgehen; aber schon 3 Tage früher erschien das heifs ersehnte Gestirn am Horizonte, von der atmosphärischen Strahlenbrechung getragen.

„Wie einst des Belus Diener am glühenden Saum des Euphrat, so harren auch sie, wie zu einem Feste geschart, auf den Anhöhen des Eises dem Lichte. Da, einen Augenblick wallt eine Lichtwelle ankündigend durch den weiten Raum, und die Sonne steigt, von einer Purpurhülle umgeben, empor auf die eisige Bühne. Alles schweigt; wer hätte Worte, dem Gefühle der Erlösung geliehen, das auf jedem Antlitz leuchtet.“[8]) Nur in tiefer Brust flüstert es in jedem: Gesegnet sei dieser Tag!

Erlösung! ja Erlösung erhoffen die Ärmsten endlich durch diese Sonnenstrahlen, die das Eis lösen sollen und ihr Schiff. Aber die Sonne stieg höher, ohne den Eismassen etwas anhaben zu können; der lange Tag kam und brachte nicht die Erlösung. In furchtbarer Monotonie des Daseins schlichen die Tage, die Wochen dahin, nur unterbrochen von den Schrecken der Eispressungen, die wir bereits kennen gelernt haben, und von denen Payer nicht weniger als 133 Tage ausgefüllt verzeichnet. Angesichts der entsetzlichen Lebensöde, in der man sich bereits seit mehr als einem Jahre befand, waren die Aufregungen einer solchen Eispressung beinahe erwünschte Unterbrechungen im erdrückenden Einerlei des Daseins. Bis jetzt widerstand das Schiff, kräftiger und zweckentsprechender gebaut als seine Vorgänger, aber nichts sicherte doch davor, dafs der nächste Ansturm

[6]) A. a. O. S. 61. [7]) A. a. O. S. 103. [8]) A. a. O. S. 104.

der schwimmenden Felsen, welche diesen Fremdling, diesen Holzspan in ihrer harten Haut nicht dulden wollten, es vernichten würde. Man hatte deshalb nach dem Vorbild der Hansamänner sich ein Kohlenhaus auf dem Eise gebaut.

Im Frühjahr 73 wendete die Scholle, welche bis dahin im grofsen und ganzen nach Nordosten getrieben war, als sie den 79. Breitegrad überschritten hatte, nach Westen um und nahm im Sommer ihren Weg nach Norden. Willenlos trieben die Gefangenen mit ihr auf dem Eismeer umher; immer bedenklicher wurde die Lage. Trostlos sah man, wenn nicht dem eigenen Ende, so doch dem Ende einer ruhmlosen Fahrt entgegen, wenn der Zufall sie rettete. Ein Jahr schon der Drangsal und ewigen Einöde des Lebens war dahingegangen, ohne dafs irgend etwas von ihren Plänen und Hoffnungen erreicht worden wäre. Und dennoch jetzt, da es niemand mehr gab, der noch an eine Verwirklichung einstiger Pläne glaubte, stand die Erfüllung unmittelbar bevor. Es ist der 30. August 1873, und man befindet sich unter 79° 43′ Breite und 59° 33′ Länge, als die Mittagszeit eine Überraschung brachte, wie sie nur hier in der Wiedergeburt zu neuem Leben liegt. Das Sonnenlicht brach durch die Nebel, und die vorüberziehende Dunstwand enthüllte plötzlich graue Felszüge fern im Nordwest, die sich zum Anblick eines strahlenden Alpenlandes entwickelten! Im ersten Momente stand alles gebannt voll Unglaubens da; dann brachen die Entzückten, hingerissen von der unverscheuchbaren Wahrheit ihres Glückes, in den stürmischen Jubelruf aus: „Land! Land! endlich Land! Keine Kranken gab es mehr am Schiff. Alles war auf Deck geeilt, um sich mit eigenen Augen Gewifsheit darüber zu verschaffen, dafs ein unentreifsbares Resultat der Expedition vor ihnen lag. Zwar nicht durch eigenes Hinzuthun, sondern nur durch die glückliche Laune der Scholle, und wie im Traum hatten sie es gewonnen.“ „Doppelt schmerzlich aber fiel der Blick nun zugleich auf diese unaufhaltsam dahinziehende Scholle, auf die Abhängigkeit von ihrer Willkür; denn zur Zeit lag das Betreten des Landes aufser dem Bereiche jeder Möglichkeit; wer die tragende Scholle verlassen hätte, wäre abgeschnitten und verloren gewesen.“

„Jahrtausende waren dahingegangen, ohne Kunde von dem Dasein dieses Landes zu den Menschen zu bringen. Und jetzt fiel einer geringen Schar fast Aufgegebener seine Entdeckung in den Schofs — als Preis ausdauernder Hoffnung und standhaft überwundener Leiden. — Und diese geringe Schar, welche die Heimat bereits zu den Verschollenen zählte, war so glücklich, ihrem fernen Monarchen dadurch

ein Zeichen ihrer Huldigung zu bringen, dafs sie dem neu entdeckten Lande den Namen „Kaiser-Franz-Josephs-Land" gab." [9]) Von jenem denkwürdigen 30. August, an welchem die Schollenfahrer zuerst dieses neue Land erblickten, vergingen zwei lange Monate, ehe die erste Möglichkeit sich bot, dasselbe zu betreten. Langsam trieb die Scholle weiter an seinen Küsten entlang: „Das Land, nach dem sie sich sehnten, lag beständig vor ihnen, aber eine Qual war sein Anblick geworden; unerreichbar schien es zu bleiben, an seinen unwirtlichen Gestaden sollte vielleicht das Schiff in dem Kampfe, dem es beim Hereinbruch der zweiten Winternacht entgegensah, zu Grunde gehen." [10]) Am 31. Oktober stiefs man in der Nähe einer vorspringenden Landmasse auf eine Anzahl grofser Eisberge, welche der Scholle Halt geboten. Es war 9 Minuten südlich vom 80. Breitegrade, wo die vierzehnmonatliche Schollenfahrt ihr Ende nahm, und der stolze „Tegetthoff" das Ende seiner Tage überhaupt sehen sollte. Am Tage darauf, bei einer Temperatur von 22 Grad unter Null, hielt es die Leute nicht mehr an Bord: Der erste Ausflug in das unbekannte Land wurde unternommen. „Es liegt etwas Erhabenes in der Einsamkeit eines noch unbetretenen Landes, wenngleich dieses Gefühl nur durch die Einbildung und den Reiz des Ungewöhnlichen geschaffen wird, und das Schneeland des Poles an sich nicht poetischer sein kann als ein anderer Erdstrich. Man war aber für neue Eindrücke sehr empfänglich geworden, und der Goldrauch, welcher am südlichen Horizont einer unsichtbaren Wacke entstieg und sich als wallender Vorhang vor die mittägliche Himmelsglut breitete, besafs für die glücklichen Entdecker denselben Zauber wie eine Landschaft Ceylons." [11])

Indes diese winterlichen Ausflüge konnten sich nicht weit ausdehnen; nur mit Mühe überwand man die letzten 9 Minuten, welche an der Überschreitung des 80. Breitegrades noch gefehlt hatten. Die zweite Polarnacht, diesmal 125 statt 109 Tage lang, wie die vorangegangene, da man sich noch nördlicher befand, verdammte die Verschlagenen abermals zur Unthätigkeit. Sturm und Kälte hielten sie wiederum Tage und Wochen lang in der engen Kajüte fest: „Der Lichtkreis einer Lampe wird für sie die ganze Welt." Das wichtigste und schwierigste war es hier, ganz besonders in der zweiten Winternacht, welche bei weitem ruhiger und weniger unterbrochen von den Schrecken der Eispressung verlief, ein Mittel gegen die plagende Langeweile zu finden. Mochte nun auch der gebildetere Teil der Ex-

[9]) A. a. O. S. 136. [10]) A. a. O. S. 157. [11]) A. a. O. S. 159.

pedition aus dem eigenen Inneren heraus und in der zweihundertbändigen Bibliothek an Bord Zerstreuung finden, so mufste doch in anderer Weise für die Mannschaft, unter der eine babylonische Verwirrung von vier Sprachen herrschte, gesorgt werden. Man versuchte es auch bei dieser wie bei der Expedition der Germania eine Schule einzurichten. Aber es war für die Schulstunden nicht anders Raum als in einer Hütte auf Deck. „Hier, bei 20 und 30 Grad unter Null wurde der Same der Weisheit in die Söhne der Natur gelegt. Allein nicht günstig war dieses Klima seinem Gedeihen. Mit schmerzlicher Enttäuschung wurde die Lage und der Unwert von „Nordpolen“ vernommen, dafs es kein Land sei, kein zu eroberndes Reich, nichts als Linien, die sich in einem Punkte schneiden, und wovon nichts in der Wirklichkeit zu sehen sei. Wenn in diesem kleinen Lehrsaal eine Aufgabe geprüft werden sollte, und die Schüler den Atem anhalten mufsten, damit der Lehrer, der aus einer Wolke sprach, die Rechentafel zu erkennen vermochte, oder wenn sie in einer Division begriffen, plötzlich inne halten mufsten, um ihre Hand mit Schnee zu reiben, war es da ein Wunder, dafs sich diese Schule keiner Beliebtheit erfreute?“ [12])

Die trübe Stimmung und die Mutlosigkeit, welche sich der Mannschaft schliefslich bei dieser langen, langen Abwesenheit jeglichen Tageslichtes bemächtigen mufste, wurde nun noch erhöht durch das Umsichgreifen von Krankheiten. Die anhaltende Feuchtigkeit in den Kajüten, namentlich auch der Mangel an Reinlichkeit, der sich hier gar nicht vermeiden läfst, und die fehlende Pflanzenkost führen in dem sonst durchaus gesunden Klima der Polarzone zu eigentümlichen Krankheitserscheinungen, von denen der Skorbut die verbreitetste und gefürchtetste ist. Sie besteht in einem Faulen des Zahnfleisches und der Mundhöhle, welches jede Zusichnahme von Nahrung zu einer Qual macht und so durch Verdauungsstörungen zur schliefslichen Auflösung führen kann. Die Mannschaft mancher Polarexpedition ist von dieser bösen Krankheit dezimiert worden. Citronensaft gilt als bestes vorbeugendes Mittel, und von diesem war genügender Vorrat vorhanden. Demselben war es wohl hauptsächlich zu danken, dafs an Bord des Tegetthoff verhältnismäfsig nur wenige Erkrankungen vorkamen; aber in einem Falle, bei dem Maschinisten der Expedition, Kriech, zeigte sich alle Kunst des Arztes vergebens, da die wilden Stürme der beiden Polarnächte auch seine Lunge angegriffen hatten. Kurz nachdem der zweite lange Winter auch vorübergegangen war, und die Frühlings-

[12]) A. a. O. S. 87.

nachtgleiche vor der Thür stand, erlag der lange Dahinsiechende seinem Leiden. Anderthalb Stunden vom Schiff entfernt, suchte man auf den Höhen der Wilczek-Insel einen Platz, um den Kameraden bestatten zu können. Wo aber vom Lande etwas aus der tiefen Schneedecke hervorragt, ist es hartes Felsgestein oder hart gefrorene Erde, der Axt und Spaten nichts anzuhaben vermögen. Unmöglich, eine Ruhestätte unter der Erde an dem nördlichsten und dem einsamsten Orte, auf welchen jemals die Gebeine eines Menschen niedergelegt worden sind, zu finden, mufste man sich begnügen, einen versteckten Platz zwischen Felsklüften auszuwählen, um die Reste des Gefährten vor der Gier des umherstreifenden Bären zu schützen. Zwischen Basaltsäulen, erzählt Payer, wurde seine irdische Hülle niedergelegt, der das traurige Los beschieden war, nur die Zeit langer Leiden mit den Genossen zu teilen, nicht aber die des Erfolges und der Heimkehr. Und wie wir nun schweigend und gegen das zunehmende Schneetreiben kämpfend vom Schiffe hinauszogen in die trostlosen Schneegefilde, da trat wohl auch vor uns alle die Frage hin, ob es uns selbst vergönnt sein würde, in die Heimat zurückzukehren, oder ob das Eismeer auch für uns die unerforschliche Stätte unseres Endes bilden sollte. Der Wind strich furchtbar über die starre Höhe hinweg, als sich die frostdurchschüttelten Männer des Tegetthoff, den Sarg des Gefährten auf dem Schlitten mühsam ziehend, jener traurigen Stätte der ewigen Ruhe näherten, inmitten aller Symbole des Todes und der Abgeschiedenheit, fern von allen Menschen, unnahbar irdischer Pietät und dennoch ehrenvoller denn in einem Sarkophage durch die unentweihbare Einsamkeit."[13])

Der Maschinist war zu Grabe getragen, nachdem seine Maschine längst vor ihm, als jenes Treiben auf der Scholle begann, stillgestanden war. Man hatte die Hoffnung längst aufgegeben, das Fahrzeug jemals wieder frei vom Eise zu sehen, und deshalb den Entschlufs gefafst, im kommenden Sommer dasselbe zu verlassen. Es hiefs daher, so bald wie möglich das neu entdeckte Land zu durchforschen. Man rüstete Schlittenfahrten aus, auf denen man dem erreichbar höchsten Norden entgegenstreben wollte. Auf einer der bedeutungsvollsten dieser Reisen wollen wir die Entdecker begleiten. Zwei Schlitten, mit $15^1/_2$ Centnern bepackt, mufsten von 7 Mann und 3 Hunden gezogen werden, um für mindestens 4 Wochen Proviant mitzuschleppen. Aus dieser Notwendigkeit, alle Lebensmittel mitzuführen, wird die Eroberung des Nordpols in der Hauptsache zu einer Magenfrage. Auf je längere Zeit man sich für die Schlittenreise vorbereitet, desto mehr Ballast mufs man über die

[13]) A. a. O. S. 263.

rauhe Eisfläche mitziehen; je mehr Ballast aber, umeomehr Zugkräfte gehraucht man, und dieee Zugkräfte wieder mehr Proviant; aue diesem Kreise ist nicht herauezukommen. Diese Verhältnieee werden offenhar um eo günetiger, wenn auch um eo gefahrvoller, je weniger Menechen die Expedition unternehmen. Hier war ee Fridtjof Nansen, der den gröfsten Wagemut hesafs, indem er mit nur einem Begleiter jenen letzten Vorstofe, welcher immer nur zu Schlitten oder zu Fufs auszuführen iet, zum höcheten Norden unternahm.

Am 26. März 1874 früh morgene wurde bei einer Temperatur von 17 Grad unter Null und hei heftigem Schneetreihen die grofse Schlittenreise nach Norden angetreten. Bereits nach ganz kurzer Zeit nötigte der üherhandnehmende Sturm die Reieenden, das Zelt aufzuechlagen und 24 Stunden darin dicht aneinandergepfercht zuzubringen. Eine der hösesten Zugahen einer solchen Entdeckungsreiee ist dieses Kampieren in dem engen Zelt auf eieigem Boden, wenn der Schneesturm Stunden und Tage darüher hintoht. Durch alle Fugen, durch die Kleider und namentlich in die Taschen dringt der Schneeetauh und erzeugt in diesen nicht selten eine Temperatur von — 10 Grad, und dann, wenn der Sturm nachgelaseen und sich alles vor die Schlitten epannt, hringt die schwere Arbeit die eiedurchnäfeten Körper wieder in ein Bad von Schweifs. —

Um eo freudiger gestaltete eich die Entdeckungsfahrt bei dem freundlicheren Frühlingswetter, das nun eintrat. Ein herrliohee, gletscherreiches Alpenland erhoh seine his zu 3000 Fufe hohen Gipfel zu beiden Seiten einer Meeresstrafee, des Auetria-Sundee, die mit Eis völlig angefüllt war. „Der volle Ernet der hocharktiechen Natur lag über dem Lande auegehreitet, allen Lehene schien es entblöfet zu sein, überall etarrten ungeheure Gletscher von den hohen Einöden des Gehirges herab, dessen Maseen eich in echroffen Kegelhergen kühn erhohen."[14]) „Das Geetein tritt nicht wie sonst mit eeinem natürlichen Kolorit zu Tage, eelbet die echroffeten Felewände eind in Eie gehüllt infolge der vielen Niederschläge, der Luftfeuchtigkeit und ihrer Kondeneation an den kalten Eiswänden."[14]) Andere arktische Länder zeichnen eich durch grofee trockene Kälte aue; im Franz-Joeephs-Land aher, das eine mittlere Jahreetemperatur von — 13 Grad besitzt, bleibt die Luft etets ungewöhnlich feucht, das eichere Zeichen insularen Charaktere.

Das Land zeigt une einen echroffen Vorsprung an der Westseite des Austria-Sundee unweit dee 81. Breitegrades, den die Entdecker

[14]) A. a. O. S. 266.



Säulenkap.

Kap Tyrol genannt haben. Nur wenig nordwestlicher von dieser Stelle überwinterten Nansen und Johannsen von 1895 auf 1896.

Der Fufs keines anderen Menschen ist je in diese einsame Bergwelt vorgedrungen, und nicht die geringste Spur von etwaigen Eskimobehausungen, wie man sie in anderen arktischen Ländern findet, ist jemals hier entdeckt worden, auch sonst ist das Leben hier auf seine letzten Vorposten beschränkt. Wandernde Vögel setzen sich wohl gelegentlich in dichten Wolken zur Rast auf die eisigen Felsvorsprünge, um dann kreischend wieder weiter zu ziehen. Von Füchsen und Polarhasen sind einige Spuren zu entdecken, das Renntier aber und der Moschusochse, welche die sommerlichen Weiden des grönländischen Küstenlandes bevölkern, können hier wegen der Vegetationsarmut nicht mehr fortkommen. Nur die Säugetiere des Meeres, der Seehund und das Walrofs, tummeln sich noch in dieser Eiswüste, und darüber schleicht der grimmige Alleinherrscher des Landes, der immer hungernde Eisbär. Kein anderes arktisches Land ist nach der Meinung Payers so reich an diesen Tieren wie das Franz-Josephs-Land. Deren mehr als hundert hat er dort mitgejagt, siebenundsechzig sind während der Dauer der Expedition erlegt worden. Die kühnen Entdecker hatten also viel Gelegenheit, gute Bekanntschaft mit diesen Raubgesellen des Eismeeres zu machen. Bald hatte man die Gewohnheiten des Bären so gut studiert, dafs man ohne das Bewufstsein ernstlicher Gefahr an seine Verfolgung ging. Sah man den Bären aus der Ferne, und eilte er dann, nach seiner Gewohnheit mit grofser Geschwindigkeit die Schwierigkeiten des Terrains überwindend, auf die Polarfahrer los, so legte man ihm auf einige dreifsig Schritt irgend einen Gegenstand in den Weg. Seine grofse Neugier veranlafste das Tier dann ausnahmslos, selbst in seinem scharfen Trabe, plötzlich innezuhalten und den Kopf niederzubeugen; in diesem Augenblick trafen ihn die sicher gezielten Schüsse. Eine treffliche Mahlzeit ist der Lohn für die glücklichen Jäger. Für alle Fälle werden auch Depots angelegt, d. h. man verscharrt, so wie es die Hunde sonst zu thun pflegen, hie und da ein gutes Stück unter dem Schnee oder versteckt es in Felsspalten, um für den Fall der Not, wenn man wieder zurückkehren sollte, Lebensmittel vorzufinden. So ein Bärenschinken wiegt immer an 30 Pfund; auch das übrige Fleisch des Bären ist für die Verhältnisse der Nordpolfahrer ein Leckerbissen; nur die Leber mufs man sich hüten zu essen, denn sie ist giftig; die Hunde aber verzehren sie mit Wohlbehagen.

Die Hunde sind die treuesten und unentbehrlichsten Gefährten

des Polarfahrers. In dem engen Horizonte des einsamen Lebens entwickelt sich in gemeinsamer Teilung von Freud und Leid hier mehr denn sonst ein wahrhaftes Freundschaftsverhältnis zwischen den klugen Tieren und ihren Herren, deren Lebensbedürfnisse hier auf einem bedenklichen Grad von Verwandtschaft anzulangen pflegen. Eine Fülle der reizendsten Züge erzählen deshalb die Polarreisenden von ihren geliebten Hunden. Unter denen der österreichischen Expedition war „Torossy“ der beliebteste. Er war erst auf der Fahrt geboren worden. „Die Natur hatte ihn gesegnet mit allen Gaben, die sie sonst nur den Eisbären verleiht. Er kannte keine andere Welt als das Eismeer, keine andere Bestimmung als das Schlittenziehen. Im glücklichen Übermut seiner Unwissenheit wedelte er den ganzen Tag auf Deck herum, auf dem Eise ging er wedelnd den Menschen nach, wedelnd zog er den Schlitten, wedelte selbst dann noch, wenn ihm ein Kamerad das Essen stahl, ja wedelte selbst vor dem Rachen eines Bären.“ [15]) Dabei ist das Leben eines arktischen Schlittenhundes das denkbar beschwerdenreichste. „Sein natürliches Kleid deckt den gröſsten Teil des Jahres hindurch dicker Reif; treibender Schnee verhüllt ihn gänzlich, zollhoch lagert sich derselbe auf seinem Fell, wenn er ihn auch beständig abzuschütteln sucht. Mühsam schöpft er Atem, Hunger nagt in seinen Eingeweiden, und die wunden Füſse färben die Schneebahn gleich einer rötelbezeichneten Trace.“ [16]) Müssen die Hunde stille halten, so heben sie immer so viele Pfoten, wie es, ohne umzufallen, möglich ist, in die Höhe und wechseln sie unaufhörlich, um sie vor Erfrieren zu schützen. Dabei ist für alle diese Leistungen, welche den Erfolg solcher Expeditionen wesentlich mitbedingen, meist der traurige Lohn dieser Tiere, von ihrem Herrn — füsiliert zu werden. Auf der Payerschen Expedition blieb schlieſslich kein Platz in den kleinen Booten für die Hunde, und Nansen muſste die seinigen — verzehren.

Aber verfolgen wir unsere Entdecker noch weiter auf ihrem kühnem Zuge gen Norden. Noch manchen berggekrönten Inseln begegnete man, indem man auf dem Eise des Austriasundes weiterdrang. Das nördlichste gröſsere Landgebiet, welches erreicht wurde, nannte man das Kronprinz-Rudolf-Land. Von ihm wälzt sich ein ungeheuerer Gletscher nach Süden hin bis an die Uferlinie. Auf ihm hatten Payer und zwei seiner Begleiter ein bedenkliches Abenteuer zu bestehen. Sie befanden sich auf dem Middendorf-Gletscher, nur noch wenige Minuten diesseits des 82. Breitegrades. Solch ein

[15]) A. a. O. S. 178. [16]) A. a. O. S. 315.

Eisstrom, der sich langsam, aber unaufhaltsam dem Meeresufer entgegenwälzt, mufs an gewissen Stellen, wo seine Elastizität nicht mehr nachzugeben vermag, auseinanderbersten. Weit öffnet sich dann ein blau schimmernder Abgrund, senkrechte Wände eisigen Marmors führen in eine Tiefe, aus der eine Phalanx spitziger Pyramiden mit messerscharfen Kanten emporragt. Aber über diesem verderbenbringenden Abgrunde lagert sich bald wieder, wie überall sonst auf der wandernden Oberfläche des Gletschers, die alles ausgleichende Decke frischen Schnees, eine dünne Brücke bildend, unkenntlich oft selbst für den erfahrensten Wanderer.

Vierzehn Tage waren die Schlittenreisenden nun bereits unterwegs, als sie des Kronprinz-Rudolf-Landes zuerst ansichtig wurden. Am Fufse desselben mufsten der grofse Schlitten und drei Mann auf der kleinen Hohenlohe-Insel zurückgelassen werden. Payer mit Schiffslieutenant Orel und einem Mann entschlossen sich, noch einen etwa achttägigen Ausflug zum äufsersten Norden zu machen, wozu ein kleiner von Hunden gezogener Schlitten allein verwendet wurde. Am ersten Tag dieser Reise, es war der 10. April, hatte man den unteren Teil des Gletschers zu passieren.

Die Ahnungslosen betraten eine solche trügerische Brücke, die unter ihnen zusammenbrach. Im Heulen und Donnern des Schneesturzes, der aufwirbelnd alles einhüllte, verschwand der Angstschrei der Unglücklichen, verschwanden sie selbst, der Schlitten, die Hunde, alles!

Payer, der, vorausgehend, den Schlitten mitgezogen hatte, wurde von der Leine zurückgerissen und hart am Abgrunde niedergeworfen. Gewärtig, jeden Augenblick mit in die Tiefe hinabgezogen zu werden, mufste er den fürchterlichen Entschlufs fassen, die Leine zwischen sich und dem im Abgrunde flehenden Gefährten zu durchschneiden. Noch ein dumpfer Anprall, und es wurde still in der eisigen Tiefe. Payer sprang über die zehn Fufs breite Spalte wieder zurück und bemerkte nun, dafs der Gefährte mit dem Schlitten und den Hunden durch einen etwa 40 Fufs tiefer liegenden Eisvorsprung im Sturze aufgehalten worden war, wo er hilflos hing. Es war für die Obenstehenden allein unmöglich, den Genossen aus seiner verzweifelten Lage zu befreien. Wie rasend eilte nun Payer, die anderen hinter sich lassend, obwohl unbewaffnet, gleichgiltig gegen die Eisbären zurück nach der sechs Meilen entfernten Hohenlohe-Insel, wo die zurückgebliebenen drei Gefährten kampierten, um sie zur Hilfe herbeizuholen. „Nur der eine Gedanke erfüllte uns, berichtet Payer, die Rettung von Zaninovich, der Perle unserer braven Mannschaft, die

Rettung unserer Hunde und des Gepäcks mit dem unersetzlichen Lebensbedarf und vor allem mit dem Buche der Aufnahmen der neuentdeckten Länder. Glühend erhitzt und in Schweifs gebadet zog ich meine Federkleider aus, warf diese, Stiefel, Handschuhe und Shawl weg und lief in Strümpfen weiter durch den tiefen Schnee. Das Gelingen meines Vorhabens hing vom Wetter ab; trat Schneetreiben ein, und wurden die Fufsstapfen im Schnee verweht, so war die Hohenlohe-Insel unauffindbar. Furchtbar einsam war's um mich her, umkreist von Gletschern sah ich mich allein; doch auch kein Bär liefs sich blicken. Endlich, endlich erblickte ich das Zelt. Ich stürzte über die Kochmaschine her, schmolz in wenigen Minuten etwas Schnee, um meinen furchtbaren Durst zu stillen, und dann eilten wir alle zurück zum Middendorff-Gletscher. In vollkommener Auflösung befand sich unsere Expedition; Zelt und Proviant blieben unbewacht, Menschen und Hunde und alles Gerät über eine ungeheuere Wüste weithin verstreut oder verschüttet. Dritthalb Stunden liefen wir zurück. Als wir endlich unter die Eisberge kamen, nahm ich Stück für Stück meiner verstreuten Kleider wieder auf. Vorangehend näherte ich mich beklommenen Herzens nach 4½ Stunden und einem zurückgelegten Weg von drei deutschen Meilen der Stelle, wo der Schlitten verschwunden war. Ein schwarzer Abgrund gähnte vor uns; kein Laut kam aus seiner Tiefe, auch dann nicht, als ich mich auf den Boden hinlegte und hinabrief. Zuerst vernahm ich das Winseln eines Hundes, dem die unverständliche Antwort von Zaninovich folgte. Rasch wurde ein Gefährte an dem Tau hinabgelassen. Er fand Zaninovich noch lebend, doch fast erstarrt. Die klugen Hunde hatten zu seiner Rettung beigetragen, indem sie sich dicht an ihn geschmiegt hatten, ihm von ihrer Lebenswärme mitteilend."[17])

Die Reise nach dem höchsten Norden wurde jetzt unter begreiflicherweise recht bedrückenden Empfindungen von neuem aufgenommen. Aber man mied den verräterischen Gletscher und ging westlich um das Kronprinz-Rudolf-Land herum, wo man unerwartet offnes Meer fand. Das weitere Vordringen über Glatteis und dünne Schollen wurde ungemein beschwerlich; doch wurden die unerschrockenen Forscher durch den Anblick immer erhabener sich auftürmender Alpen- und Küstenlandschaften entschädigt. Nahe unter dem 82. Breitegrade, der vor ihnen nur zweimal von Menschen um ein weniges überschritten worden war, entrollte sich die grofsartige Landschaft des Säulenkaps. „Von unbeschreiblich erhabener Schönheit

[17]) A. a. O. S. 321/322.

ist diese ferne Welt. Die Eisberge schwimmen wie Perlen auf der dunklen Wacke, schwarze Wolken liegen darüber, durch welche die Strahlen der Sonne dringen, herab auf die blitzenden Wasser. Glühend geht die Sonne in der prachtvollen Wildnis unter; ihre goldenen Linien durchbrechen die schwarzen Dunstbänke, und leichter Wind zieht spielend leicht gekrümmte Furchen in dem beweglichen Spiegel der dunklen Wacke. Nach Norden hin war jetzt kein Land mehr zu sehen, dichter Wasserbimmel verhüllte die Ferne. Narbige Felslager breiteten sich überall hin aus." [18])

Die beiden am auffälligsten vorspringenden Felszacken bestehen aus jenen dunklen, senkrecht aufragenden Basaltsäulen, die sich in scharf sechseckiger Abgliederung aneinanderlegen und überall in ausgedehnten Lagen da vorkommen, wo ältere vulkanische Ablagerungen unter eigenartigen, noch nicht aufgeklärten Einflüssen zu diesen riesigen Krystallen zusammenschossen. Fast das ganze Franz-Josephs-Land ist aus solchen älteren Vulkangebilden aufgebaut, während man aktive vulkanische Erscheinungen selbst nicht antraf. In dieser Hinsicht zeigen alle um den Nordpol gescharten Länder, Spitzbergen, Island, Grönland, eine merkwürdige Verwandtschaft. Es scheint, als ob ein ungeheueres vulkanisches Gebiet sich einst rings um den Nordpol dehnte, von welchem die Feuerberge Islands die letzten Reste sind. Auch am Südpol, von dem man allerdings bis jetzt viel weiter entfernt bleiben mufste, empfingen mächtige Feuerberge die Forschungsreisenden, unter denen der Erebus sogar zu den gröfsten thätigen Vulkanen der Erde gehört. Es ist nicht unmöglich, dafs diese Thatsachen im Zusammenhange mit jenen kosmischen Einflüssen stehen, unter welchen sich unser Erdplanet hier zusammendrücken, abplatten mufste. Terrassenbildungen der arktischen Landgebiete, auch auf Franz-Josephs-Land vielfach hervortretend, sprechen jedenfalls von gewaltigen Bewegungen des Landes, die sich einst hier vollzogen haben.

Am nächsten Tage, es war der 12. April 1874, erreichte man bei 82 Grad 5 Minuten den nördlichsten Punkt der Expedition, Kap Fligely. Man war nun allerseits von offenem Meer umgeben. Jenseits, weit im Norden, sicherlich noch über den 83. Breitegrad hinausreichend, erschien ein dunkles Segment; es wurde für Land gehalten und Petermannland genannt, doch blieb es unbetreten. Nansen, der vom Norden her in seine Nähe kam, hat es nicht wiederfinden können. Seine Geheimnisse zu erforschen, ist kommenden kühnen Männern vorbehalten.

[18]) A. a. O. S. 329.

Das offene Meer, dem man hier begegnete, iet der Gegenetand vieler Kontroversen und Hoffnungen gewesen. Viele Forscher hatten damals die Ansicht vertreten, dafs der sechs Monate lang ununterbrochen eonnenbestrahlte Pol wieder bessere Eisverhältnisse, als man in bisher bekannten Nordbreiten vorfand, vielleicht gar ein freies Fahrwasser besitze. Die Erfahrungen der Payerschen Expedition eehienen dieser Meinung auf den ersten Blick günstig zu sein. Doch Payer verwahrte sich sogleich vor optimietischen Auelegungen der vorgefundenen Thatsachen und glaubte selbet, es nur mit einer ausgedehnten Wacke zu thun zu haben. Die dreijährige Schollenreise der Fram hat diese Überzeugung völlig bestätigt. Der Nordpol ist rings von undurchdringlichen Packeismassen umlagert.

Nun hiefs es die Rückreise antreten, nicht nur nach dem eisgefangenen Tegetthoff, der jahrelangen Heimstätte, sondern nach der Heimat selbet. Wir müssen hier an dem gefahrvollen, anstrengungsreichen Rückzuge schnell vorübergehen. Am 13. April traf man mit den Gefährten auf der Hohenlohe-Insel wieder zusammen; der Ausflug nach dem höcheten Norden hatte also nur drei Tage in Anspruch genommen. Am 23. desselben Monats erreichte man nach 29tägiger Abweeenheit wieder das Schiff. Eine dritte kleine Schlittenreise wurde noch unternommen, um die Landgebiete westlich von dem Schiffsorte näher zu erforechen; dann wurden die nötigen Vorbereitungen zur Rückreise getroffen, und am 20. Mai der Tegetthoff seinem Schicksale überlassen. Ein wie echwerer Entschlufs dies war, mag man sich voretellen. Schon unter gewöhnlichen Verhältnissen hat ee etwas Beunruhigendes, ein eicheres Schiff zu verlaseen, wieviel mehr im fernen Eismeere. Zwei Jahre lang war es die schützende Heimat dieeer Leute geweeen, den Stürmen und der Kälte hatte es Trotz geboten. Nun mufste man es, beladen mit wertvollen Sammlungen, Instrumenten, der Bibliothek, dem gröfsten Teil des Proviants, der noch für ein halbes Jahr gereicht hätte, dort preisgeben, wo es aus dem Gewirr der Schollen eicher niemals wieder zu befreien war. In vier kleinen Booten und den beiden Schlitten mufste von den 23 Leuten der Expedition das Allernotwendigste über das wirre Packeis des Polarmeeres nach Süden geschleppt werden, eine ungemein mühsame Arbeit, namentlich wegen des in der vorgerückten Jahreszeit aufgeweichten Schnees, in den man tief einsank. Noch nach einer Woche konnte man den Weg zurück zum Schiff ohne diesen Ballast in wenigen Stunden machen, und Mitte Juni, nach dreiwöchentlichem Marsche, hatte man eine und eine viertel deutsche Meile

von den 250 Meilen zurückgelegt, die noch zwischen ihnen und der ersten menschlichen Niederlassung lagen.

Da man beständig zwischen den Schollen auf offenes Wasser stiefs, mufste der Ballast unablässig von den Schlitten auf die Boote und wieder zurückgeladen werden, bis endlich, am 15. August, die Eisgrenze erreicht war. Man befand sich unter $77^3/_4$ Grad. „Als nun die Stunde nahe war, welche die Polfahrer dem Eise entreifsen sollte, da kam den Befreiten der Gedanke geradezu schmerzlich an, dem starren Reich des Todes nun für immer entsagen zu sollen, der Eismeerwelt, die sich jetzt mit ihrem vollen Zauber schmückte.“ [19]) Man mufste in den vier Booten eng zusammengepfercht tagelang mit Aufbietung aller Kräfte rudern, bis man endlich am 18. August auf Nowaja-Semlja landete und zwar im Süden des Schwarzen Kaps, „an einer Stelle, die sich durch eine Üppigkeit der Vegetation auszeichnete, welche den an das monotone Weifs gewöhnten Augen wie ein Garten erschien. Nichts erinnerte mehr an das Polargebiet; die weite Bai, die sich nach Süden hin im Angesichte der Admiralitäts-Halbinsel öffnete, wäre ohne ihren Gletscherkranz, den hier erschöpft Landenden ein Golf Italieus gewesen.“ [20])

Aber kein Schiff zeigte sich. Schwere Sorge bemächtigte sich ihrer, dafs die Walfischfänger- und Robbenschlägerboote, welche von Rufsland und Norwegen her sich im Sommer hier aufhalten, bereits in ihre Heimat zurückgekehrt seien, und eine dritte Überwinterung ihnen hier bevorstand. Dabei reichten ihre Lebensmittel nur noch auf zehn Tage. Mit verzweifelter Eile ruderte man an der Küste entlang weiter nach Süden, ohne einem rettenden Fahrzeug zu begegnen. Am 24. August war man in der Nähe des Kap Britwin unter 72 Grad 40′ angekommen. Wie beglückend hätte der Anblick jener frischgrünen Matten, übersäet mit Hunderten von farbenprächtigen Alpenblumen, die hier auf der nordischen Insel bis an den Meeresstrand herabreichen, für die Schiffbrüchigen sein müssen, wenn sie der Sorgen endlich bar gewesen wären. Der Charakter dieser Doppelinsel besitzt gleich dem von Spitzbergen mehr die Lieblichkeit eines Tyroler Alpenlandes als die arktische Strenge jener hochnordischen Inselgruppe des Franz-Josephs-Landes, das wir vorhin kennen lernten.

Aber die Bedrängnis der Rettungsuchenden war eben jetzt viel gröfser denn je; das Boot des Schiffslieutenants Weyprecht war in offener See verschwunden. Das Boot mit Payer und Orel schien vorangeeilt, die anderen beiden waren den letzteren unter der Küste

[19]) A. a. O. S. 429 [20]) A. a. O. S. 439.

gleichfalls aufser Sicht gekommen. Völlig durchnäfst und mit Aufgebot ihrer letzten Kräfte waren die Insassen jenes Bootes ans Land gesprungen und hatten mit einigem Treibholz ein Feuer angezündet. Von Rauch umhüllt und tief erschöpft, waren sie auf den nassen Steinen in Schlaf versunken. Vier Stunden waren so vergangen; mechanisch ruderte man dann weiter durch die endlose Flut hinein in das Geheimnis des Ausganges. —

„Da, um sieben Uhr abends war es, wie mit einer Stimme erscholl ein Freudenruf aus den Booten, die sich eben wiedergefunden hatten. Ein kleines mit zwei Menschen besetztes Boot lag vor ihnen, die, anscheinend auf der Vogeljagd begriffen, nicht minder überrascht als sie selbst auf die Schiffbrüchigen zukamen. Es waren Russen, und noch bevor sie sich untereinander verständigt hatten, waren sie um eine Ecke gebogen — da lagen zwei Schiffe."

„Mit einer gewissen Ehrfurcht nähert sich der Schiffbrüchige dem schlanken Bau eines Schiffes, das ihn den Launen der Elemente entreifst; keine leblose Maschine ist es ihm, sondern ein hilfreicher Freund, ein höheres Geschöpf als er selbst. Mit solchen Gefühlen nahten sie sich den beiden Schonern, die wenige hundert Schritt entfernt, im Innern der felsumgürteten Bai lagen; sie waren für die Glücklichen der Inbegriff der ganzen Welt. Sechsundneunzig Tage hatten sie auf der Rückreise im Freien auf dem Eismeere zugebracht. Jetzt umfing sie wieder ein stolzer Schiffsbau.

Der Empfang hätte für Mächtige nicht würdiger sein können, als er für jene Verschollenen war, denn beim Anblick der beiden Ukase, welche sie damals aus Petersburg erhalten hatten und die allen Bewohnern des russischen Reiches anbefahlen, ihnen hilfreichen Beistand zu leisten, entblöfsten diese dürftigen Fischer ihre Häupter und verbeugten sich bis zur Erde. Betäubt und mit inniger Dankbarkeit nahmen die Geretteten die sich drängenden Eindrücke der Wiederkehr ins Leben auf; nur die Freude brach sich nicht so rasch zu Worten Bahn, denn das Schweigen ist ihr bester Herold."[21])

Am 26. August verliefs man die stille Bai, und am 3. September, achthundertundzwölf Tage nach ihrer Abreise von Tromsö, langte die Expedition, nur um einen Mann vermindert, in dem norwegischen Städtchen Vardö wieder an. Mit dem Gefühle der Erlösung aus allen Drangsalen betrat sie zuerst wieder den Boden eines civilisierten Reiches. —

[21]) A. a. O. S. 444.

(Schlufs folgt.)

Castor ein mehrfacher Stern.

Zu den schönsten Doppelsternen des nördlichen Himmels gehört Castor, der eine der Zwillinge. Dem blofsen Auge sich als einfacher Stern erster bis zweiter Gröfse darstellend, löst sich das Gestirn schon in einem Fernrohr von mäfsiger Dimension in zwei, dicht nebeneinander stehende Lichtpunkte von nicht sehr bedeutendem Helligkeitsunterschied auf. Der bei der täglichen Bewegung vorangehende Stern α^1 Geminorum ist etwa dritter Gröfse, ihm folgt in einem Abstande von nur sechs Bogensekunden die hellere Komponente α^2, welche als Stern zweiter Gröfse erscheint. Im Gegensatz zu zahlreichen Doppelsternen von so geringer Distanz, die uns eine deutliche Umlaufsbewegung um einander erkennen lassen, zeigt Castor nur eine äufserst langsame Veränderung in der gegenseitigen Stellung seiner Komponenten; nach den bisherigen Beobachtungen kann die Frage, ob ein physischer Zusammenhang zwischen denselben besteht, noch nicht einmal entschieden werden. Ist derselbe vorhanden, so würde zu einem einzigen Umlauf der ungeheure Zeitraum von etwa acht Jahrhunderten erforderlich sein, es ist aber nach einigen Astronomen ebensowohl möglich, dafs die Sterne sich nur wie zwei Schiffe auf dem Ozean bei ihrem Fluge durch das Weltall begegnet sind und sich allmählich wieder auf Nimmerwiedersehen voneinander entfernen werden, freilich nicht ohne dafs ein jeder infolge der von dem anderen ausgeübten Anziehungskraft eine hyperbolische Schwenkung seines Laufes erfahren hätte.

Im vorigen Jahre hat nun Bolopolsky auf Grund zahlreicher photographischer Aufnahmen des Spektrums von α^1 die Entdeckung gemacht, dafs dieser Stern seinerseits noch wieder ein sehr enger Doppelstern sein mufs, da er eine oscillierende Bewegung in der Richtung der Gesichtslinie ausführt. Die Periode, in welcher sich diese Schwingung wiederholt, beträgt 2,91 Tage und die gröfste dabei

erreichte Geschwindigkeit beläuft sich auf etwa 38 km, während sich aufserdem das ganze System mit einer Geschwindigkeit von 10 km der Sonne beständig nähert. Die Ursache dieser sich nach dem Dopplerschen Prinzip in einer periodischen Schwankung der dunklen Spektrallinien zu erkennen gebenden Oscillation mufs eben, wie bei anderer Gelegenheit in dieser Zeitschrift näher erläutert wurde,[1]) in einer Umlaufsbewegung des Sterns um einen weniger hellen, sehr nahen Begleiter gesucht werden, dessen Existenz wir optisch allerdings nicht nachzuweisen im stande sind. — Übrigens stimmen die während des Januar und Februar 1896 gemachten Aufnahmen von α^1 Geminorum mit denjenigen der späteren Monate insofern nicht überein, als sie sowohl andere Geschwindigkeiten als auch eine andere Umlaufszeit ergeben würden. Diese auffallende Thatsache erscheint jedoch Belopolsky nicht unerklärlich, da sie sehr wohl durch eine schnelle Bewegung der Apsidenlinie der betreffenden Bahnellipse bedingt sein könnte. Eine solche Verschiebung in der Lage der grofsen Bahnachse würde wiederum das Vorhandensein einer starken, störenden Kraft voraussetzen, welche möglicherweise von einer beträchtlichen Abplattung des anziehenden Körpers herrühren könnte.

Mit dieser neuesten Entdeckung ist die Zahl der durch das Spektroskop als enge Doppelsterne erkannten Gestirne auf sechs[2]) gestiegen. Wenn wir in Betracht ziehen, dafs derartige Feststellungen doch nur bei den gar nicht sehr zahlreichen, helleren Sternen möglich sind, so dürfen wir demnach vermuten, dafs auch diese Art von Doppelsternen unter den Himmelskörpern durchaus nicht zu den Seltenheiten gehört, dafs vielmehr damit ein in unserem Weltall häufiger, charakteristischer Typus uns bekannt geworden ist.

F. Kbr.

Neue Marsstudien.

Während des letzten Dezember und Januar hat Perrotin als Gast des Herrn Janssen in Meudon eine Reihe von Nächten der Beobachtung des Mars mit dem grofsen Fernrohr von 83 cm Öffnung gewidmet. Die bereits bei früheren Oppositionen in Nizza und auf dem Mont Mounier gemachten Wahrnehmungen des vortrefflichen

[1]) Vgl. den auch separat erschienenen Aufsatz von Prof. Scheiner über „die Astronomie des Unsichtbaren," vornehmlich Bd. V, Seite 132 f.

[2]) Algol, α Virginis, β Aurigae, ζ Ursae maj., β Lyrae, α^1 Geminorum.

Beobachters haben dadurch eine Bestätigung erfahren, welche deren Gewicht bedeutend erhöht. Dem in den „Comptes rendus" erstatteten und durch mehrere Zeichnungen illustrierten Beobachtungsbericht schliefst sich eine Zusammenstellung derjenigen Thatsachen an, die durch Perrotins Marsstudien aufser Zweifel gestellt worden sind. Dahin gehört zunächst die Feststellung von vier nach Farbe und allgemeinem Aussehen deutlich unterschiedenen Zonen, die bei ungleicher Breite in einer dem Äquator parallelen Richtung den ganzen Planeten rings umziehen. Die erste, äquatoriale, 60° bis 80° breite Zone kann als die der berühmten, von Schiaparelli entdeckten Kanäle bezeichnet werden; sie liegt vorwiegend auf der nördlichen Halbkugel. Die durchweg rötliche Färbung dieser Zone ist bei ihrer grofsen Ausdehnung die Ursache, weshalb Mars schon für das blofse Auge als ein intensiv rot gefärbter Stern sich gegen alle übrigen Gestirne abhebt. Die zweite Zone, welche als diejenige der Meere zu bezeichnen ist, liegt zum gröfsten Teil auf der Südhalbkugel, erreicht jedoch selbst an den breitesten Stellen nicht mehr als 40° bis 45° meridionaler Ausdehnung. Die Färbung ist hier eine graue mit Übergängen bis fast zum Schwarz. Die in dieser Zone gelegenen Kontinente weisen keine Kanäle auf und zeigen eine weniger rote, hellere, bei Hesperien und Hellas sogar eine direkt weifse Färbung. Diese beiden äquatorialen Zonen werden nun beiderseits von polaren, an die Schneekappen unmittelbar angrenzenden Zonen eingefafst, die in areographischen Breiten von — 50° und + 60° beginnen und Kontinente von weifser, an den Küsten vielfach gräulicher Färbung erkennen lassen. Perrotin hat nun ferner festgestellt, dafs die Details der Oberfläche in den Zonen der Kanäle nur im Centrum der Marsscheibe mit aller Schärfe zu erkennen sind, und dafs die Wahrnehmbarkeit der Kanäle selbst sich in meridionaler Richtung vom Centrum aus beträchtlich weiter erstreckt als in äquatorialer. Die Einzelheiten der Meere sind schon in wesentlich gröfserem Abstande vom Mittelpunkt erkennbar, und für die polaren Zonen bleiben die Sichtbarkeitsbedingungen selbst unmittelbar am Rande des Planeten noch verhältnismäfsig günstige.

Alle Konfigurationen der Marsoberfläche sind als in ihren grofsen Zügen unveränderlich erkannt; einen regelmäfsigen, den Jahreszeiten entsprechenden Wechsel des Aussehens lassen nur die polaren Schneekappen erkennen, während die geringen Veränderungen, welche sich in den Zonen der Meere und der Kanäle beobachten lassen, vorübergehender Natur sind, ohne nach Perrotin den Cha-

rakter einer periodisch regelmäfsigen Wiederkehr, wie manche andere Beobachter angenommen hatten, zu besitzen. Die deutlichsten Veränderungen zeigten zur Zeit der Beobachtung Perrotins der Sonnensee mit seiner Umgebung, sowie die als Lybia bezeichnete Gegend. Von dem in der Zone der Kanäle gelegenen Kontinent Elysium, der stets weifser erschien als seine Umgebung, hat Perrotin den Eindruck gewonnen, dafs er sich reliefartig über die Oberfläche des Planeten erhebt. Wenn man dies auch einer blofsen Kontrastwirkung zuzuschreiben geneigt sein könnte, glaubt Perrotin doch, dafs das Phänomen irgend eine reelle Ursache habe. Eine rätselhafte Erscheinung war endlich bei zwei sich kreuzenden Meeren zu beobachten, die sich in ihrer Färbung trotz der Durchdringung nicht im geringsten modifizierten. Diese Erscheinung mufs heute noch als ebenso unerklärt gelten wie die leuchtenden Hervorragungen an der Lichtgrenze und die 1892 auf der Marsscheibe wahrgenommenen, glänzenden Punkte. F. Kbr.

Bibliographisches

Meyers Konversationslexikon. 6. Auflage. Band X—XIV. Leipzig 1896. Bibl. Institut. Preis pro Band geh. 10 *M.*

Die Herausgabe einer sechsten, wesentlich verbesserten Auflage der gröfsten deutschen Encyklopädie ist im vergangenen Jahre rüstig vorwärtsgeschritten, sodafs im Laufe dieses Jahres die Vollendung des Unternehmens zu erwarten ist. Neben einer gründlichen Revision des Textes ist auch in den neuesten Bänden eine sehr beträchtliche Vermehrung des Bilderschmucks eingetreten, was notwendig den Naturwissenschaften am meisten zu gute kommen mufste. Es ist unmöglich, alles was hier zu nennen wäre, aufzuzählen, wir müssen uns vielmehr mit Hervorhebung weniger, herausgegriffener Einzelheiten begnügen. Der astronomisch interessierte Leser findet im Lexikon jetzt die besten Darstellungen der bekannteren Himmelsobjekte: Der Mond wird durch zwei Photographien und eine klare Karte veranschaulicht, die Planeten sind teils durch Buntdrucktafeln, teils durch schwarze Illustrationen nach den neuesten Zeichnungen abgebildet, und auch die fernsten Objekte unseres Kosmos, die Nebelflecke, sind durch treffliche Abbildungen repräsentiert. Aus dem Gebiete der Physik heben wir die Tafel „Chromatische Polarisation" hervor, auf der die zarten Interferenz-Farbenringe mit einer Feinheit und Naturtreue wiedergegeben sind, wie wir es bis jetzt noch nirgend gefunden hatten. In geographischer Hinsicht macht der „grosse Meyer" jetzt jeden Atlas entbehrlich, giebt er doch von einzelnen Landesteilen, wie Mittelrufsland, dem nördlichen Süd-Amerika u. a. Kartenbilder, die mit solchem Detailreichtum nur in unseren besten Atlanten wiederzufinden sind, auferdem aber sind bei wichtigen Ländern auch Völkerkarten, landwirtschaftliche und geologische Karten trefflichster Ausführung hinzugefügt. Ganz etwas Neuartiges sind zwei „phänologische Karten von Europa", welche das Fortschreiten des Frühlings über unsern Erdteil trefflich zur Darstellung bringen. Der Botaniker findet ferner auch pflanzengeographische Darstellungen, reizende Florenbilder, bunte Abbildungen der Moose, der efsbaren und giftigen Pilze und vieles andere. Für den Zoologen werden gleichfalls nicht nur alle wichtigen Tiere in Schwarz- oder Buntdruck vorgeführt, sondern auch die wichtigsten Faunen zusammengestellt, unter anderem auch die ganz moderne, neotropische Fauna, sowie die interessante Tiefseefauna. Auch zwei neue Tafeln zur Völkerkunde sind erwähnenswert, dieselben geben eine Nebeneinanderstellung der Gestalten der Menschen verschiedener Rassen. — Vom Standpunkt des Naturforschers aus, der in dieser Zeitschrift allein in Betracht gezogen werden kann, steht das Werk sonach in jeder Beziehung durchaus auf der Höhe; dafs das Gleiche auch hinsichtlich der anderen Wissensgebiete der Fall ist, bezweifeln wir nicht einen Augenblick. F. Khr.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.

Himmel und Erde

Die v. Helmholtzschen Untersuchungen über Bewegungsvorgänge in unserer Atmosphäre.

Von Prof. Dr. J. Scheiner in Potsdam.

Die Meteorologie ist zu einer selbständigen und exakten Wissenschaft erst dann erhoben worden, als es gelang, streng mathematische Methoden, insbesondere die Prinzipien der mechanischen Wärmetheorie auf die Vorgänge in unserem Luftmeere anzuwenden.

Lange Jahre hat es gedauert, bis man zu dieser Erkenntnis gekommen ist, ja selbst heute noch legen manche mehr Gewicht auf die reine Statistik in der Meteorologie als auf die Theorie, mehr Gewicht auf immer neue Gewinnung möglichst exakter Daten als auf die theoretisch durchdachte Bearbeitung des bereits seit vielen Jahrzehnten angesammelten Beobachtungsmaterials. Wie gewöhnlich liegt auch hier das Richtige in der Mitte; keine der beiden Forschungsmethoden kann für sich allein die Wissenschaft ausbauen, sondern nur die innige Vereinigung beider hat Aussicht auf Erfolg.

Nun kann es keinem Zweifel unterliegen, dafs gerade der theoretische Teil der Meteorologie der bei weitem schwierigere ist. Das hierbei wesentlich in Frage kommende Gebiet der Mechanik, die Hydrodynamik, bietet unstreitig der mathematischen Beherrschung die gröfsten Schwierigkeiten und ist daher auch am wenigsten durchgearbeitet; doch sind hier gerade in dem letzten Dezennium von den hervorragendsten Meteorologen und Physikern bedeutende und bahnbrechende Arbeiten geliefert worden.

Es kann nicht unsere Aufgabe sein, eine zusammenhängende Darstellung dieser Arbeiten und ihrer Bedeutung für die Meteorologie zu geben, das mufs berufeneren Händen überlassen bleiben. Wir wollen hier nur eine dieser Arbeiten, allerdings zweifellos die wich-

tigste von allen, herausgreifen, die keinen geringeren als v. Helmholtz als ihren Verfasser nennt. v. Helmholtz hat das Gebiet der Meteorologie erst in seinen letzten Lebensjahren betreten, aber auch hier, wie überall, unvertilgbare Spuren seines Geistes zurückgelassen; er hat Erscheinungen zu deuten verstanden, die bis dahin unlösbare Rätsel boten. Diese Arbeiten, die in einer Reihe von Aufsätzen in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie der Wissenschaften aus den Jahren 1888—1890 veröffentlicht sind, dürften dem Laien wohl ziemlich unbekannt sein, da sie in einer für den Nichtmathematiker völlig unverständlichen Form gegeben sind. Jeder Versuch einer Andeutung der von v. Helmholtz hierbei überwundenen mathematischen Schwierigkeiten würde verfehlt sein; es sei nur soviel gesagt, dafs die Lösung der Aufgabe, die sich der gröfste Physiker dieses Jahrhunderts gestellt hatte, nur durch Anwendung eines von ihm selbst schon früher aufgestellten Theorems, des Prinzips der mechanischen Ähnlichkeiten, gefunden werden konnte.

Bevor wir nun auf die v. Helmholtzschen Untersuchungen über gewisse Bewegungsformen in unserer Atmosphäre näher eingehen, dürfte es notwendig sein, einige schon seit langer Zeit bekannte Grundprinzipien der Meteorologie, auf welchen die ersteren basieren, kurz zu rekapitulieren.

Da die Atmosphäre für die Strahlen der Sonne, auch für die Wärmestrahlen, recht durchlässig ist, so findet eine sehr merkliche direkte Erwärmung der Atmosphäre bei Sonnenschein nicht statt. Wohl aber teilt sich die Erhitzung des Bodens den untersten Luftschichten stark mit, am meisten natürlich in den Gegenden, wo die Bestrahlung des Bodens am stärksten ist, das ist in den Äquatorgegenden der Erde. Da nun heifse Luft bedeutend leichter ist als kalte, so steigt, ähnlich wie in einem Schornstein, am Äquator die heifse Luft in die Höhe und fliefst oben nach den kälteren Teilen der Erde ab, das heifst nach Norden auf unserer Halbkugel und nach Süden auf der südlichen Halbkugel. Zum Ersatze der aufgestiegenen warmen Luft drängt von den Seiten, das ist auf der Nordhalbkugel von Norden her, kühlere Luft nach, die sich am heifsen Boden allmählich erwärmend wieder in die Höhe steigt. Drehte sich die Erde nicht um ihre Axe, sondern liefe die Sonne um uns herum, besäfse die Erde aufserdem eine glatte, homogene Oberfläche, so würde hierdurch eine ziemlich exakte Luftzirkulation entstehen, die sich darin äufsern müfste, dafs auf der Nordhalbkugel bis in ziemlich hohe Breiten hinauf in der Nähe der Erdoberfläche stets Nordwind herrschte, in gröfserer Höhe über der-

selben stets Südwind. Auf der Südhalbkugel verläuft naturgemäfs alles umgekehrt; es soll aber die uns entgegengesetzte Halbkugel in folgendem nicht weiter berücksichtigt werden.

Dafs dieser einfache Kreislauf in Wirklichkeit nicht herrscht, hat verschiedene Ursachen, von denen die wesentlichste die Axendrehung der Erde ist. Die Atmosphäre nimmt an dieser Axendrehung teil, und infolge dessen besitzen die am Äquator aufsteigenden Luftmassen eine gröfsere Geschwindigkeit in der Bewegung von Westen nach Osten als in höheren Breiten. Fliefst nun ursprünglich die Luft genau nach Norden vom Äquator aus ab, so eilt sie weiter vom Äquator weg nach Osten gegenüber der Erdoberfläche vor, und es geht so die südliche Windrichtung allmählich in eine südwestliche über, die schliefslich zu einer fast ganz westlichen werden müfste. Das Umgekehrte mufs bei der an der Erdoberfläche von Norden her kommenden Ersatzluft stattfinden, die geringere Geschwindigkeit besitzt und daher allmählich in einen Nordostwind übergeht. Das letztere ist die bekannte Erklärung für die Passatwinde, die auf der nördlichen Halbkugel jahraus, jahrein von Nordosten wehen.

Weiter als etwa 30° Abstand vom Äquator sind aber die Passatwinde nicht mehr mit Regelmäfsigkeit vorherrschend, und auch innerhalb dieser Zone wesentlich nur über den grofsen Ozeanen. Das hat seinen Grund in den unregelmäfsigen Gebirgszügen der Festländer, die die Gewalt des Luftstromes brechen und in andere Richtungen ablenken. Wo keine Gebirge sind, kann sich der Passat auch über dem Lande weiter erstrecken, wie z. B. in Südamerika, wo der Südostpassat weit der Tiefebene des Amazonenstromes hinein folgt. Da der obere Gegenpassat keinen festen Hindernissen begegnet, so sollte man annehmen, dafs er sich viel weiter nach höheren Breiten hin erstrecken müsse als der eigentliche Passat, und in der That scheint dies nach neueren Beobachtungen der Fall zu sein.

Jedenfalls ist die von den äquatorialen Gegenden der Erde ausgehende Luftzirkulation der Hauptfaktor für die meteorologischen Vorgänge in unserer Atmosphäre, wenngleich bei uns vielleicht die Wirkungen desselben nicht mehr direkt wahrnehmbar, sondern durch vielerlei Nebenursachen verwischt sind. Mit Recht knüpfen daher die v. Helmholtzschen Untersuchungen an dieses Zirkulationsphänomen an.

Durch die thatsächliche Beobachtung der Passatwinde kann an der wirklichen Existenz der grofsen Luftzirkulation nicht gezweifelt werden, und es fragt sich nun, in wie weit die beobachtete Wind-

geschwindigkeit mit der zu berechnenden übereinstimmt. Eine Luftmasse, die am Äquator ruht, würde folgende Geschwindigkeiten in den verschiedenen Breiten wegen der Differenz der Rotationsgeschwindigkeiten annehmen:

Breite	Windgeschwindigkeit per Sek.
10°	14 m
20°	58 m
30°	134 m

Bedenken wir, dafs die Geschwindigkeit eines Schnellzuges nur wenig den Betrag von 20 m übersteigt, so zeigt die vorstehende Tabelle, dafs wir noch verhältnismäfsig nahe am Äquator schon ganz allgemein enorme Windgeschwindigkeiten zu erwarten hätten, und etwas weiter ab solche, wie sie selbst in den stärksten lokalen Orkanen kaum vorkommen. Es ist daher nicht anzunehmen, dafs die am Äquator aufgestiegene Luft auch nur 20° weiter nordwärts ungehemmt wieder den Erdboden berührt.

Die Nichtübereinstimmung der Beobachtung mit dem berechneten Werte führt daher zu der weiteren Frage nach der Ursache der augenscheinlich in starkem Mafse vorhandenen Hemmung.

Es liegt nahe, hierbei zunächst an die Reibung zu denken, welche die übereinandergleitenden Luftschichten erfahren und die verzögernd auf die Geschwindigkeit wirken mufs. v. Helmholtz zeigt nun zunächst, dafs bei ruhig übereinandergleitenden Schichten dieser Einflufs ein verschwindend geringer ist. Unter der ungünstigen Annahme einer Atmosphäre von gleichmäfsiger Dichtigkeit würde nämlich eine Zeit von über 4200 Jahren erforderlich sein, um eine Verminderung der Luftgeschwindigkeit auf die Hälfte durch die Reibung allein zu bewirken. In den wenigen Tagen, in denen sich die Luft vom Äquator bis zu etwa 20° Abstand bewegt, kann also von einem merklichen Einflufs der Reibung keine Rede sein. Der innere Grund dafür, dafs der Einflufs der Reibung ein so geringer ist, läfst sich leicht klarlegen. Er beruht darauf, dafs die Fläche, an welcher die Reibung stattfindet, im Verhältnis zur ganzen Masse der bewegten Luft sehr klein ist. Es treffen an dieser Berührungsfläche eben nur verschwindend wenige Moleküle zusammen im Verhältnis zur Zahl der überhaupt bewegten. Ganz anders liegt die Sache, wenn bei diesem Übereinandergleiten eine Vermischung der beiden Luftschichten stattfindet. Durch diese Vermischung, die bei starken Geschwindigkeiten in einem gegenseitigen Eindringen feiner, fadenförmiger Strömchen besteht, wird die reibende Oberfläche ganz

aufserordentlich, um das vieltausendfache, vergröfsert, und hierauf beruht nun die eben nachgewiesene Hemmung. Der Hauptteil der v. Helmholtzschen Untersuchungen bezieht sich auf diese Vermischungsvorgänge, die sich unter besonderen Bedingungen in einer sehr regelmäfsigen Weise vollziehen, und deren Beginn auch unserem Auge direkt sichtbar wird.

Bevor aber v. Helmholtz zu diesem Kernpunkt seiner Untersuchungen übergeht, behandelt er zunächst die Frage nach der Lage der Begrenzungsfläche zweier verschiedener Luftschichten, falls Gleichgewicht herrschen soll. Man würde voreilig geneigt sein, anzunehmen, dafs die Gleichgewichtslage dann vorhanden sein würde, wenn die Begrenzungsfläche konzentrisch zur Erdoberfläche, letzterer also parallel läge. Das würde auch thatsächlich so sein, wenn die Erde nicht rotierte; auf der rotierenden Erde aber sind die Luftmassen im Gleichgewicht, wenn die wärmehaltigeren Schichten in der Richtung nach dem Himmelspole zu höher liegen.

Infolge der Reibung und Erwärmung wird aber dieses Gleichgewicht allmählich verändert; wie, soll durch die folgenden Auseinandersetzungen klarzulegen versucht werden.

Wie aufserordentlich langsam sich die Wirkung der Reibung fortpflanzt, wenn keine Mischung eintritt, ist bereits gesagt. Ähnlich verhält es sich auch mit der Ausbreitung der Wärme. Dafs eine Erwärmung durch Strahlung bei der Durchlässigkeit der Luft nur in sehr geringem Mafse stattfindet, ist ebenfalls bereits angegeben; aber auch die direkte Wärmeleitung ist fast ganz unmerklich. Während ein an einem Ende glühend gemachter Metallstab sehr bald an seinem anderen Ende unerträglich warm wird, geschieht diese Wärmefortpflanzung oder Leitung in der Luft nur in äufserst geringem Mafse. So zeigt v. Helmholtz, dafs es bei einer gleichmäfsig dichten Atmosphäre eines Zeitraumes von 3600 Jahren bedarf, um die Temperaturunterschiede zwischen der oberen und unteren Begrenzung der Atmosphäre allein durch Leitung auf die Hälfte zu reduzieren. Sehr rasch findet dagegen ein Wärmeausgleich in der Luft statt, wenn Vermischung stattfindet. Dann tritt z. B. die wärmere Luft in zahllosen feinen Strömchen in die kältere ein; hierdurch wird die Berührungsfläche der beiden verschieden warmen Schichten ganz enorm vergröfsert und entsprechend der Ausgleichungsprozefs beschleunigt. Die Existenz dieser Strömchen ist sehr leicht zu sehen; sie zeigt sich z. B. durch das Flimmern der Luft über erhitzten Bodenflächen. Die Bedingungen für das Zustandekommen von Vermischungen sind aber sehr verschieden.

Befindet sich die wärmere Schicht am Boden, wie bei kräftigem Sonnenschein, so hat sie wegen ihrer gröfseren Leichtigkeit von selbst das Bestreben, emporzusteigen und sich dabei mit der oheren kühleren Luft zu vermischen. Ist die wärmere und also leichtere Schicht aher ohen, so fehlt dieses Bestrehen gänzlich; es findet keine Vermischung statt, und die Temperaturdifferenz kann sich sehr lange halten, da ja der Wärmeausgleich durch Strahlung und Leitung nur sehr gering ist. Genau umgekehrt liegen die Verhältnisse hei einer kälteren Luftschicht. Dieselhe kann sich unten am Boden sehr lange halten, ohen dagegen hat sie das Bestrehen herahzusinken und sich dabei mit der unteren wärmeren Schicht zu vermischen.

Diese Vorgänge verhinden sich nun mit den Reihungsvorgängen und dem Umstande, dafs Luftschichten, die sich nach Norden bewegen (auf unserer Halbkugel) der Erdoberflächenbewegung voraus-eilen, und dafs das Umgekehrte hei südlich gerichteten Strömungen der Fall ist, zu einem nur scheinbar komplizierten meteorologischen Phänomen, das sich aber in Wirklichkeit nach dem Vorgange von v. Helmholtz sehr einfach logisch entwickeln läfst.

Da eine klarere und kürzere Darstellung dieser Entwickelung, als sie v. Helmholtz selbst gegehen hat, wohl kaum möglich sein dürfte, wollen wir derselhen in engem Anschlusse, wenn auch nicht wörtlich, folgen:

Bei normaler Steigung der Luftschichten (wenn Gleichgewicht vorhanden ist) ist deren oheres Ende der Erdaxe näher als das untere. Tritt eine solche Schicht an der Erdoherfläche als Westwind auf, so wird durch die Reibung an der Erdoherfläche die Bewegung des untersten Teils dieser Schicht verzögert, die Centrifugalkraft dieses untersten Teiles dadurch verändert, und dieser wird daher an der Polseite der Schicht aufwärts strehen, um sich dem Gleichgewichtszustande wieder zu nähern. Bei diesem Aufwärtsstrehen findet natürlich ein Eindringen in die oberen Teile der Schicht statt, und die Geschwindigkeit der ganzen Schicht wird daher ziemlich gleichförmig verzögert werden. Da sich aber die Wirkung auf die ganze Luftmasse verteilt, wird die Verzögerung im ganzen natürlich geringer, als sie in den untersten Luftschichten allein geworden wäre; sie wird sich also überhaupt nicht sehr hemerklich machen. Ganz anders verhalten sich die Ostwinde. Die Rotation der Erdoherfläche ist hestreht, die Geschwindigkeit der untersten Teile zu vergröfsern. Die hierdurch heschleunigte Luftmasse hefindet sich hereits im Gleichgewicht und zeigt daher keine Tendenz, aufzusteigen und sich mit

der darüber gelegenen Schicht zu mischen, vielmehr wird sie nur nach dem Äquator zu drängen. Da sie mehr im Gleichgewicht ist, als gerade nötig, so wird sie, falls eine Erwärmung stattfindet, weniger schnell aufsteigen, als es in einer unten ruhenden Luftschicht geschähe.

Daraus ist zu folgern, dafs die Änderung durch Reibung sich in den Ostwinden auf die untere Luftschicht beschränken, hier aber verhältnismäfsig wirksamer sein wird, als bei gleicher Geschwindigkeit in den Westwinden. Die verzögerte Luftschicht wird als Nordost gegen den Äquator vorwärts drängen. Dabei wird sie immer wieder als Ostwind erscheinen, indem sie auf schneller rotierende Zonen der Erde zu liegen kommt. Die über ihr liegende Luft der Schicht wird da, wo unten der Platz frei wird (äufserer Rand der Passatzone) nachrücken, mit unveränderter Geschwindigkeit unten als Ostwind erscheinen und, allmählich nach dem Äquator sich fortschiebend, die beschriebenen Einflüsse der Reibung erleiden.

In die Calmenzone (hierunter versteht man die äquatoreale Zone, in welcher die erwärmte Luft aufsteigt) selbst werden sich die unteren Schichten der Passatwinde erst einschieben können, sobald ihr Rotationsunterschied mit der Erdoberfläche ganz aufgehoben ist. Sie werden dann mit der Calmenzone verschmelzen und deren Masse vermehren, so dafs diese sich seitlich mit ihren geneigten Grenzflächen immer weiter über die unter ihr schwindenden Schichten der Ostwinde ausbreiten wird.

Dadurch wird nun bedingt, dafs, während unten wohl meist kontinuierliche Übergänge in der Temperatur und der Geschwindigkeit der Schichten stattfinden, oben schliefslich die Ränder der sich ausbreitenden Calmenzone, welche die grofse Rotationsgeschwindigkeit der äquatorealen Luft haben und schon in 10⁰ Breite als starke Westwinde, in 20⁰ bereits als starke Weststürme auftreten müssen, in unmittelbare Berührung mit den unterliegenden Schichten von geringerer Rotationsgeschwindigkeit und geringerer Temperatur treten. Hier kommen also Schichten mit sehr verschiedener Geschwindigkeit in Berührung, und dabei findet, wie schon angedeutet, und wie jetzt genauer gezeigt werden wird, Mischung statt, durch die eben die verlangten Verzögerungen der sonst enormen Windgeschwindigkeit entstehen.

v. Helmholtz führt die sich hieran anschliefsenden Prozesse der grofsen Luftcirkulation noch weiter fort; wir wollen denselben aber nicht folgen, da das bisherige zum Verständnis des Gedankenganges des grofsen Physikers genügt. Wir sehen jetzt, dafs es die

Frage nach dem Verbleib der theoretisch abnorm grofs zu erwartenden Windgeschwindigkeiten ist, welche den Forscher zu der Inangriffnahme der Frage nach dem überaus schwierigen Vermischungsprinzip der Luftschichten geführt hat. Es ist zwar leicht möglich, dafs der erste Anstofs zu diesen Untersuchungen auf dem umgekehrten Wege erfolgt ist, dafs v. Helmholtz zuerst durch gewisse sichtbare Vorgänge in der Meteorologie auf die richtige Vermutung der Ursache dieser Phänomene kam; aber es kann nicht zweifellos bleiben, dafs der Gang der strengen Untersuchung der bisher verfolgte ist, wie auch schon durch die zeitliche Folge der Publikationen angedeutet erscheint.

Doch nun zur Sache. Sobald zwei durch eine Grenzfläche von einander scharf getrennte Flüssigkeitsschichten — Flüssigkeiten hier im weitesten Sinne verstanden, also mit Einschlufs der Gase — gegen einander gleiten, wird die in der Ruhe sonst als eben zu betrachtende Grenzschicht in eine wellenförmige verwandelt. Diese Erfahrung können wir täglich auf Teichen, Seen oder Meeren machen. Bei völliger Windstille ist die Wasseroberfläche glatt wie ein Spiegel; aber der leiseste Luftzug bringt schon kleine Kräuselungen hervor, die endlich beim Sturme auf den Ozeanen zu haushohen Wogen emporwachsen, deren elementare Kraft den Gebilden von Menschenhand Zerstörung und Vernichtung droht. Beim Wasser sehen wir ganz genau, dafs durch das Gleiten der bewegten Luftschicht die Wasserteilchen zu einem periodischen Auf- und Niedersteigen gezwungen werden, die in ihrer Gesamtheit das Bild der in bestimmter Richtung — in der Windrichtung — fortschreitenden Wellenzüge geben. Daran, dafs die über dem Wasser befindlichen Luftteilchen ähnliche Bewegungen ausführen, denken wir für gewöhnlich nicht, da wir es ja nicht direkt sehen können.

Ein anderes Beispiel der beim Gleiten von Flüssigkeitsschichten stets auftretenden Wellenbewegung bieten unsere im Winde flatternden Fahnen und Wimpel; besonders bei den letzteren kann man deutlich sehen, dafs das Flattern in einer regelmäfsigen Wellenbewegung besteht. Hier kommt die Wellenbewegung dadurch zustande, dafs das in der Luft schwebende Fahnentuch annähernd die Eigenschaft der obersten Schicht einer Flüssigkeit besitzt.

Es ist nun zunächst das Verdienst von v. Helmholtz, gezeigt zu haben, dafs die Wellenbewegung an der Grenze zweier gleitenden Flüssigkeitsschichten stets entstehen mufs. Sind die sich berührenden Schichten in Ruhe, so herrscht an der Grenzfläche stabiles Gleich-

gewicht, d. h. die Fläche ist bestrebt, ihre ruhende Gleichgewichtslage, bei unseren Wasserflächen die zur Erdoberfläche konzentrische Kugelform oder bei kleineren Flächen in genügender Annäherung die Ebene, einzunehmen. Wird die Fläche in dieser Ruhelage gestört, z. B. durch einen ins Wasser geworfenen Stein, so ist das Bestreben vorhanden, die hierdurch entstandene Wellenbewegung wieder zu vernichten: nach einiger Zeit ist wieder völlige Ruhe und Glätte der Oberfläche eingetreten.

Vollständig anders liegt die Sache, wenn die Schichten gegeneinander gleiten; dann herrscht labiles Gleichgewicht, d. h. es ist wohl denkbar, dafs die Wasseroberfläche in der Ruhelage bleiben könnte, sobald aber irgend die kleinste Störung durch eine andere Ursache eintritt, kommt die Fläche nicht mehr in Ruhe, sondern wird nach Mafsgabe der Stärke des Fliefsens der Schichten (des Windes) von diesem kleinsten Anfange bis zu einem gewissen Maximum in die Wellenbewegung versetzt. Solche kleinste Störungen sind aber stets vorhanden, und deshalb mufs unter allen Umständen Wellenbewegung beim Gleiten oder Fliefsen der Schichten eintreten.

Gehen wir nun zu einer etwas näheren Betrachtung der Wasserwellen über. Die einigermafsen reine Form derselben ist nur auf dem Meere zu erkennen, weil auf kleinen Gewässern die Wellenzüge zu schnell ans Ufer laufen und dort zerschellen, so dafs nicht genügende Zeit zu ihrer Entwickelung vorhanden ist. Man bemerkt sehr bald, dafs die Wellen durchaus nicht alle von gleicher Höhe sind, auch dafs sie nicht alle mit genau gleicher Geschwindigkeit laufen. Aus letzterem Umstande folgt, dafs sie sich gegenseitig überholen und beim Zusammentreffen sich entweder verstärken — wenn die Berge mit den Bergen und die Thäler mit den Thälern zusammenfallen, oder sich fast ganz aufheben — wenn Berg und Thal zusammenkommen. Hieraus entsteht die jedem Seekundigen bekannte Erscheinung, dafs selbst beim stärksten Wellengange Momente ziemlicher Ruhe regelmäfsig mit besonders schweren Wellen abwechseln.

Unter besonderen Umständen erleidet nun die bekannte regelmäfsige Wellenform starke Abweichungen, die stets zu einem Zerschellen der Welle führen. Auf dem offenen Meere kann dies nur dann eintreten, wenn die Windgeschwindigkeit wesentlich gröfser ist als die Fortbewegungsgeschwindigkeit der Wellen, also hauptsächlich nur bei zunehmender oder wenigstens gleichbleibender Windstärke, nicht beim Abflauen, wobei bis zur Windstille die Wellenform als Dünung gerade die regelmäfsigste wird.

Bei gröfserer Windgeschwindigkeit wird der Wellenberg vorwärts gedrückt, besonders seine Spitze; derselben wird dadurch eine gröfsere Geschwindigkeit erteilt als dem unteren Teile des Wellenberges und besonders des Wellenthales, sie eilt also vor, und die Welle wird dadurch auf ihrer Vorderseite immer steiler, bis sie zuletzt überhängend wird und thatsächlich überstürzt. Hierbei findet nun eine Vermischung der beiden Flüssigkeiten Wasser und Luft statt, wie wir deutlich an den Schaumkämmen sehen — Schaum ist ja eine Mischung von Wasser und Luft — und wie wir es fühlen; denn auch die Luft ist mit feinen Tröpfchen ähnlich wie bei einem Sprühregen erfüllt. Bei zwei Flüssigkeiten von so sehr verschiedenem spezifischem Gewichte, wie Wasser und Luft, kann sich eine Mischung natürlich nur kurze Zeit halten. Die in das Wasser eingedrungenen Luftbläschen steigen sehr bald wieder an die Oberfläche empor und zerplatzen dort; die in die Luft hineingeschleuderten Tropfen fallen sehr bald wieder ins Wasser zurück. Würde das Meer aus Seifenwasser bestehen, bei dem bekanntlich eine Mischung mit Luft als Seifenschaum sehr lange haltbar ist, so müfste sich bei einem kräftigen Sturme der Schaum zu haushohen Klumpen zusammenballen.

In der Nähe des Strandes ist eine andere Ursache zur Zerstörung der Wellen und damit zur Vermischung von Luft und Wasser gegeben. Sobald das Wasser im Verhältnis zur Wellenhöhe nicht mehr tief ist, findet eine Reibung der Wellen auf dem Grunde statt. Dadurch bleibt der untere Teil der Welle zurück, der obere eilt vor, die Welle wird immer steiler und überschlägt sich, beinahe genau so wie im eben besprochenen Falle, nur mit dem Unterschiede, dafs hier, weil die Hemmungsursache im untersten Teil der Welle liegt, gleich die ganze Welle überschlägt, und daher das Zerschellen der Welle viel intensiver stattfindet und als Brandung in die Erscheinung tritt, häufig eines der wildesten Naturphänomene bildend, welches das menschliche Auge erschauen kann.

Es ist nun eine der gröfsten Leistungen unseres verstorbenen v. Helmholtz, diese oben beschriebenen Erscheinungen der Wellenbewegung bis zu ihrem letzten Punkte mathematisch verfolgt zu haben. Es ist ihm gelungen, die Bedingungen nachzuweisen, unter denen die Vernichtung der Welle und damit die Vermischung der beiden Flüssigkeiten beginnt. Weiter hinaus in dieser Richtung konnte auch er nicht kommen; denn die mathematische Forschung versagt bisher in allen Fällen, wo eine nach bestimmten Gesetzen vor sich gehende Bewegungsform plötzlich in eine ganz anderen Be-

dingungen unterworfene Form übergeht. Diesen Übergangspunkt, mathematisch ausgedrückt den Punkt, „wo die Funktionen unstätig werden“, kann die Mathematik nicht überwinden. Glücklicherweise ist im vorliegenden Falle dieser Mangel unserer mathematischen Logik nicht so sehr schlimm, da eine ganz einfache physikalische Überlegung mit zwar eben nicht mathematischer, aber doch positiver Sicherheit zum Ziele führt.

Bei den Wasserwellen sehen wir den Vorgang unmittelbar vor uns. Wir sehen, wie im Momente der Unstätigkeit die Vermischung von Wasser und Luft sowohl oberhalb als auch unterhalb der Grenzschicht vor sich geht; wir sehen dann weiter, wie infolge der starken Verschiedenheit der spezifischen Gewichte der beiden nicht direkt in merklichem Maſse ineinander lösbaren Flüssigkeiten, Luft und Wasser, sehr bald wieder eine Trennung des Gemisches stattfindet.

Wie wird nun der Vorgang verlaufen bei zwei Flüssigkeiten, die sich nur wenig im spezifischen Gewicht von einander unterscheiden und die dabei in ihrer Aggregatform übereinstimmen? Bis zum Momente der Mischung, bis zum gegenseitigen Ineinanderdringen wird alles analog wie bei Luft und Wasser verlaufen, dann aber gänzlich anders. Das Bestreben der beiden Flüssigkeiten, wieder auseinander zu kommen, wird bei sehr geringem Unterschiede des spezifischen Gewichtes nur sehr gering, die zur Trennung erforderliche Zeit also sehr groſs sein. Handelt es sich nun gleichzeitig hierbei um zwei Gase, die sich vollständig mit einander mischen können, so wird viel mehr Neigung zu einer gegenseitigen vollständigen Vermischung vorhanden sein als zur Trennung. Ganz besonders wird dies der Fall sein bei der Wellenbewegung zweier Luftschichten, die sich durch nichts anderes von einander unterscheiden als durch ihre Temperatur und die dadurch bedingte Verschiedenheit des spezifischen Gewichts. Dieser einzige Temperaturunterschied wird sich bei der Vermischung sehr schnell ausgleichen, und es resultiert aus der Vermischung eine vollständig homogene Luftmasse von der mittleren Temperatur der beiden ursprünglichen.

Wenn nun auch dieses Resultat mathematisch nicht unmittelbar erhalten werden konnte, so hat sich v. Helmholtz doch keineswegs mit der mathematischen Behandlung der Wasserwellen bis zu dem angedeuteten Punkte begnügt, sondern es nunmehr unternommen, alles auf die Luftwellen zu übertragen. Er fand, daſs dies ohne weiteres erlaubt ist, daſs man auch hierbei entsprechende Formen und Bewegungen der Wellen erhält, und daſs nur mit der Ver-

schiedenheit der Stoffe verschiedene Dimensionen und Geschwindigkeiten resultieren. Er blieb auch nicht bei der bloßen Entwicklung der Formeln stehen, sondern er unterwarf sie sofort den in diesem Falle äußerst komplizierten numerischen Berechnungen und konnte somit die sich theoretisch ergebenden Zahlen mit den wirklichen Beobachtungen vergleichen.

Es mögen nun die Wellen, wie sie zwischen Luft und Wasser entstehen, verglichen werden mit denjenigen zwischen zwei Luftschichten von 0° und 10° Temperatur, wobei nach früher Gesagtem die obere Luftschicht die wärmere sein muss, weil sonst unmittelbare Vermischung durch das Herabsinken der oberen kälteren Luftschicht entstehen würde.

Da es nur auf die relative Bewegung der beiden Luftschichten ankommt, so ist es gleichgültig, welche von ihnen in strömender Bewegung begriffen ist, oder ob sich beide bewegen; in letzterem Falle mufs die Differenz beider Geschwindigkeiten als Strömungs- oder Windgeschwindigkeit betrachtet werden.

Bei sehr mäfsiger Windgeschwindigkeit beobachtet man nun auf dem Meere Wellen von 1 m Länge; die gleiche Geschwindigkeit, übertragen auf die beiden oben angenommenen Luftschichten, würde Wellen von bereits 2 bis 5 km Länge erzeugen. Gröfsere Meereswellen von 5 m bis 10 m Länge, die keineswegs selten sind, würden in den angenommenen Schichten Luftwellen von 15 bis 30 km entsprechen. Die Formen der Wellen sind in beiden Fällen immer ähnlich, also sind die Höhendimensionen der Luftwellen ebenfalls sehr beträchtliche, und wir haben es demnach im allgemeinen in unserem Luftozean mit Wellen von ganz gewaltigen Dimensionen zu thun.

Sind denn nun diese Luftwellen auch wirklich sichtbar, vermag die Beobachtung wirklich einen Beweis für die Richtigkeit der v. Helmholtzschen Deduktionen zu liefern? Für gewöhnlich nicht, wohl aber recht häufig, und schon jeder der Leser hat die Luftwellen von den kleinsten bis zu den gröfsten gesehen. Dafs sie für gewöhnlich nicht sichtbar sind, ist ganz klar, weil wir ja überhaupt nicht einmal die Grenzfläche zwischen zwei Luftschichten zu Gesicht bekommen. Zwei Luftschichten unterscheiden sich ja kaum voneinander; von einem Sichtbarwerden wie bei Luft und Wasser kann keine Rede sein. Nur in einem Falle treten die Luftwellen in die Erscheinung, nämlich dann, wenn die untere Schicht nahezu mit Wasserdampf gesättigt ist. Jede Ursache, welche den Druck vermindert, mufs dann einen plötzlichen Niederschlag des Wasserdampfes

in Form von Nebel oder Wolken erzeugen. Dafs das stets eintritt, kann auch der Laie häufig beobachten, z. B. beim Öffnen einer Bierflasche, in deren Luftraum unmittelbar nach dem Öffnen, also nach der Druckverminderung, ein deutlicher Nebel sichtbar wird. Eine Druckverminderung findet nun stets in den Wellenbergen statt; hier mufs sich also der Wasserdampf niederschlagen, und es erscheinen dann streifige, parallele Wolkenzüge von verschiedener Breite, die sich zuweilen über weite Himmelsflächen in regelmäfsiger Wiederholung erstrecken. Es sind die Cirruswolken, die bei uns fast stets von Westen oder Südwesten ziehend, in gewaltiger Höhe über dem Erdboden heraneilen, häufig schon, wenn hier unten noch starke Ostwinde mit heiterem Wetter herrschen, und die als ziemlich unfehlbare Vorboten einer von Westen herannahenden Depression mit Regen und Gewitter gelten können.

Wenn diese Erklärung der Cirruswolken die richtige ist, dann mufs auch stets der theoretisch notwendige Umstand, dafs die Luftschicht oberhalb der Cirruswolken wärmer ist als die unmittelbar unterhalb befindliche, erfüllt sein. In der That ist dies durch die zu meteorologischen Zwecken in den letzten Jahren unternommenen Ballonfahrten durchweg bestätigt worden.

Nicht immer sind die Cirrus-Streifen glatt und gleichmäfsig, sondern häufig sind sie in regelmäfsiger Weise wieder unterbrochen. Zuweilen unterscheidet man deutlich zwei Streifensysteme, die gegeneinander bis zu einem rechten Winkel geneigt sind; es bietet sich dann die bekannte Erscheinung der Schäfchenwolken dar. Auch das ist nicht schwer zu erklären. Es braucht eben nur der Anstofs zur Wellenbewegung von zwei verschiedenen Seiten herzukommen, so entstehen schräg oder senkrecht gegeneinander gerichtete Wellenzüge, die, miteinander interferierend, das Bild der Schäfchenwolken geben. Ähnliches läfst sich leicht auf jedem Teiche beobachten, wenn man gleichzeitig von zwei Punkten aus durch hineingeworfene Steine Wellensysteme erzeugt, die sich bei ihrem Fortschreiten ungehindert durchkreuzen.

In der Form der Cirruswolken bekommen wir nur die kleinen atmosphärischen Wellen zu Gesicht, Wellen, deren Länge 200 m wohl nur selten übersteigen wird. Die mittleren Wellen werden nur selten erkennbar, was zum Teil daran liegen wird, dafs man alsdann gleichzeitig nur noch wenige Wellenzüge übersehen kann. Zweifellos aber kommt zur Erschwerung der Sichtbarkeit noch hinzu, dafs bei gröfseren Wellen es in den Wellenbergen nicht mehr blofs beim

Niederschlage des Wasserdampfes in Nebel stehen bleibt, sondern schon die zweite Niederschlagsstufe, die Ausscheidung von Wasser als Regen erfolgt, und hierdurch die Erscheinung verwischt wird. Vielleicht beginnt aber auch dann schon die Zerstörung der Wellen und die Vermischung der Luftschichten, naturgemäfs begleitet von starken Niederschlägen und wirkt in ähnlichem Sinne wie die schon angegebene Ursache. Schliefslich wird nicht unwesentlich zur Verschleierung der Deutlichkeit der Erscheinung die bei grofsen Wellen naturgemäfs stärker hervortretende, sogar bei den Wasserwellen stets merkliche Ungleichheit der Wellenlängen beitragen. Die ganz grofsen Wellen von 15 bis 30 km Länge können wieder häufiger und besser beobachtet werden. Als Wellen sind sie zwar nicht mehr zu erkennen, da ihre Länge ja bei der mittleren Wolkenhöhe schon beinahe den ganzen sichtbaren Himmel umfafst. Sie verursachen den meteorologischen Zustand, den wir unter böigem Wetter verstehen, jenem seltsamen, periodischen Wechsel von klarstem Wetter mit schönem Sonnenschein und dunkel dräuenden, von heftigen Stürmen begleiteten, unheimlich schnell ziehenden Wolkenmassen, aus denen Regen und Hagel herabprasselt, nicht selten durchzuckt von grellen Blitzschlägen. Wohl mancher hat schon die regelmäfsige Zeichnung des von Cirruswolken bedeckten Himmels nachdenklich betrachtet und nach der Ursache der offenbar streng gesetzmäfsigen Erscheinung geforscht, und andererseits hat er wohl auch am Meeresstrande den von den Schiffern gefürchteten Böen zugeschaut und über deren merkwürdig regelmäfsig periodischen Verlauf gestaunt. Aber nur einem war es vergönnt, die beiden so grundsätzlich verschiedenen und nur in ihrer Regelmäfsigkeit übereinstimmenden meteorologischen Erscheinungen als völlig identische zu erkennen, nur unterschieden durch den Grad der Intensität der sie hervorrufenden Kräfte.

Wir haben es bei den Böen mit brandenden Wellen zu thun. Bei der nach vielen Kilometern zählenden Länge der Wellen ist natürlich auch ihre Höhe nach Tausenden von Metern zu berechnen; für derartige Wellen aber ist unsere Atmosphäre seicht wie das Meer in der Nähe des Strandes. Der untere Teil der Welle bleibt wie auf dem Meere durch Reibung am Erdboden zurück, der obere eilt vor und überstürzt sich. Die eigentliche Böe ist der Wellenberg, erfüllt mit dem kondensierten Wasserdampfe, der seinerseits zu Regen verdichtet wird. Das Wellenthal wird repräsentiert durch die Ruhepause zwischen den einzelnen Böen, Luft unter stärkerem Drucke, daher ohne Kondensation, ohne Wolken.

Dafs böiges Wetter von dem Fischer in seinem kleinen Segelboote mehr gefürchtet wird als ein sonst starker Sturm, hat seine Ursache nicht allein in dem schnellen Hereinbrechen der Böe, denn, wenn er bei derartiger Wetterlage am Westhorizonte die Wolkenbank aufsteigen sieht, weifs er ganz genau, dafs die Böe losbricht, sobald die Wolken den Zenith erreicht haben; er hat also Zeit genug, sich mit seinen Segeln auf das Kommende einzurichten. Der Grund hierfür beruht auf der jetzt leicht zu deutenden Thatsache, dafs gerade böiger Wind ein Boot sehr leicht zum Kentern bringt, viel leichter als ein sonst stärkerer Sturm. Wir haben gesehen, dafs wir es bei den Böen mit brandenden Luftwellen zu thun haben, bei denen also, ähnlich wie bei den brandenden Wasserwellen der Wellenberg überschlägt. Zu Beginn der Böe wird demnach der Wind nicht horizontal streichen, sondern er wird schräg von oben herabstürzen. Je mehr das Boot durch den Druck gegen die Segel schräg gelegt wird, um so mehr Fläche bieten die Segel dem Winde, und dieser ist bestrebt, die Segel sogar über die horizontale Lage hinüberzudrücken, das Boot also zum Kentern zu bringen. Wird dagegen bei einem wie gewöhnlich horizontal gerichteten Winde das Boot schräg gelegt, so bieten die Segel immer weniger Fläche; der stärkste Wind kann sie also höchstens nahe in die horizontale Lage bringen. Diese Unterschiede sind dem Schiffer wohlbekannt; er weifs, dafs er der Böe, da er ja, um Fahrt zu behalten, die Segel nicht vollständig reffen kann, machtlos gegenübersteht.

Wir können hiermit die Darlegung der v. Helmholtzschen Untersuchungen, soweit sie überhaupt allgemein verständlich darzustellen sind, beschliefsen. v. Helmholtz spricht selbst die Erwartung aus, dafs gerade in unseren Gegenden, wo die meteorologischen Zustände sehr stark durch lokale Ursachen beeinflufst sind, diese Untersuchungen sich als fruchtbar erweisen werden. Das ist schon zum Teil geschehen und wird sich hoffentlich in Zukunft auch weiter bethätigen.

Die aufserordentliche Allgemeinheit der v. Helmholtzschen Resultate bedingt es, dafs die Wellen- und Wogenbildung und alles, was damit zusammenhängt, nicht blofs überall eintreten kann, sondern eintreten mufs, sobald nur zwei übereinandergelagerte Flüssigkeitsschichten in gleitender Bewegung begriffen sind. Es liegt deshalb für den Astronomen der Gedanke nahe, zu überlegen, ob auch auf anderen Himmelskörpern diese notwendigen Bedingungen vorhanden sind, und wenn, ob die dann sicher vorhandene Wellenbildung auch

für uns sichtbar werden kann. Dieser Gedanke ist für den Verfasser überhaupt die Ursache zu einem genaueren Studium der vorliegenden Untersuchungen gewesen, und bereits vor längerer Zeit hat derselbe auf ein Sonnenphänomen aufmerksam gemacht, dessen Ursache ihm in der angedeuteten Richtung zu liegen scheint.

Wir wollen nun einmal die Beobachtungs-Thatsachen, welche für die Erfüllung der geforderten Bedingungen auf der Sonne mafsgebend sind, zusammenstellen.

Soweit das Auge in die Sonne vorzudringen vermag, findet man nur den gasförmigen Aggregatzustand. Eine deutliche Schichtung dieser Gasmassen ist vorhanden. Als unterste sichtbare Schicht ist die Photosphäre zu betrachten, eine Schicht von wahrscheinlich nicht allzu grofser Dicke, wie die Penumbra der Sonnenflecken zu lehren scheint. Nach aufsen hin ist die photosphärische Schicht sehr scharf abgeschnitten; sie liefert für den Sonnenrand eine vollständig scharfe Begrenzung, sodafs der hierdurch bedingte Sonnendurchmesser als eine astronomische Konstante aufzufassen ist. Unmittelbar oberhalb der Photosphäre erstreckt sich die Chromosphäre, die nach aufsen hin unscharf begrenzt ist; ihr folgt die Sonnenkorona.

Die Gase sind in diesen Schichten keineswegs in Ruhe, sondern es existieren starke Strömungen, die zum Teil so heftig sind, dafs wir uns davon nach unseren irdischen Verhältnissen gar keine Vorstellungen machen können. Während diese Strömungen in der Chromosphäre sehr unregelmäfsiger Art zu sein scheinen, befolgen sie in der Photosphäre bestimmte Gesetzmäfsigkeiten, die insofern sogar einigermafsen an die Zirkulationen in unserer Erdatmosphäre erinnern, als sie eine gewisse Symmetrie zum Sonnenäquator besitzen.

Es sind also zweifellos Gasschichten von verschiedener Dichtigkeit — denn sonst könnten sie sich nicht halten — auf der Sonne vorhanden, ebenso zweifellos sind sie fortwährenden Bewegungen unterworfen; es müssen also Wellenbewegungen an den Grenzflächen entstehen.

Es fragt sich nun, ob die Bedingungen vorhanden sind, dafs die Wellen zur Sichtbarkeit für uns gelangen können. Hierfür ist erforderlich, 1. dafs die untere der in Frage tretenden Schichten ein Gas in Mengen bis zur Sättigung bei der betreffenden sicherlich sehr hohen Temperatur enthält, damit die Wellenberge durch Kondensation sichtbar werden können, 2. dafs die Wellenlängen genügend grofs sind, um aus den 20 Millionen Meilen Distanz, von der aus wir die Sonne sehen, erkennbar zu werden.

Wir wollen diese beiden neuen Bedingungen jetzt genauer prüfen. Die erste ist ebenso zweifellos erfüllt, wie die bereits näher besprochenen; denn darin stimmen wohl alle Astrophysiker überein, dafs die Photosphäre nichts anderes ist, als eine Schicht in der Sonnenatmosphäre, in welcher irgend ein Element bis zur Übersättigung für die betreffende Temperatur enthalten ist, so dafs sich ein Teil desselben als Nebel, genau unseren Wolken entsprechend, kondensiert hat. Diese kondensierten Teilchen leuchten in der Glühhitze ungleich stärker als die Gase, daher der enorme Glanz der Photosphäre.

In Betreff der zweiten Bedingung ist zu überlegen, dafs der Durchmesser eines noch selbstständig erkennbaren Punktes etwa eine Bogensekunde betragen mufs. Das ist also als Minimalgröfse der Wellenlänge zu verlangen und entspricht auf der Sonne einer linearen Ausdehnung von rund 1000 km.

Es fragt sich nun, ob die Existenz solch enormer Wellen überhaupt wahrscheinlich zu machen ist. H. v. Helmholtz hat den Satz aufgestellt, dafs bei sonst gleichen Verhältnissen die Wellenlänge quadratisch mit der Windgeschwindigkeit zunimmt. Nehmen wir als gröfste bisher auf der Erde beobachtete Wellenlänge 30 km an, so müfste bei sonst gleichen Verhältnissen auf der Sonne eine im Betrage von $\sqrt{\frac{1000}{30}}$ stärkere, also 5 bis 6 mal gröfsere Geschwindigkeit vorhanden sein. Das ist nun eine Zahl, die keineswegs als unwahrscheinlich hoch erscheint; es sind im Gegenteil schon häufig weit gröfsere Strömungsgeschwindigkeiten bei den Flecken und Protuberanzen beobachtet worden. Schliefslich bedarf es deren aber noch nicht einmal, denn die Gasdichtigkeiten sind in der Höhe der Photosphäre ganz sicherlich weit geringer als unsere Atmosphärendichtigkeit in der Höhe der Wolken, und es steht nichts im Wege, das Dichtigkeitsverhältnis der beiden auf der Sonne in Betracht kommenden Schichten weit geringer anzunehmen, als dasselbe von v. Helmholtz für die beiden Luftschichten gewählt worden ist. Es wachsen die Wellenlängen mit abnehmendem Dichtigkeitsverhältnis, und so sehen wir denn, dafs alle Beobachtungsthatsachen für die Erfüllung aller zur Sichtbarwerdung von Wellen auf der Sonne notwendigen Bedingungen sprechen.

Ich zögere nun nicht, noch einen Schritt weiter zu gehen und zu behaupten, dafs wir diese Wellen thatsächlich sehen, und zwar in der Form der allbekannten Granulation der Photosphäre. Bekanntlich erscheint die Photosphäre sowohl direkt im Fernrohr als besonders auch auf den Photographien nicht glatt, sondern rauh, be-

stehend aus einer Anzahl feiner runder oder länglicher heller Gebilde, die sich von einem dunkleren Hintergrunde abheben. Der Durchmesser der einzelnen Körner liegt zwischen ein und drei Bogensekunden, also zwischen 1000 und 3000 km.

Es ist schon von den ersten Beobachtern der Sonnengranulation auf die Ähnlichkeit derselben mit den Cirruswolken, speziell den Schäfchenwolken, aufmerksam gemacht worden, und besonders die Vergleichung von Photographien beider Phänomene zeigt diese Ähnlichkeit auf das deutlichste. So nehme ich denn an, dafs die Granulation hervorgerufen ist durch die an der oberen Grenzschicht der Photosphäre überall vorhandenen Strömungen; der Anstofs zur Wellenbildung wird, ähnlich wie in unserer Atmosphäre, von mehreren Richtungen aus erfolgen, es entstehen also sich durchkreuzende Wellensysteme.

Noch immer hat sich in der Natur die einfachste Erklärung als die beste erwiesen. Weshalb soll man deshalb, wenn im übrigen die Bedingungen identisch sind, Sonnenphänomene anders zu erklären versuchen als irdische Vorgänge?

Die Planetoiden zwischen den Bahnen der grofsen Planeten Mars und Jupiter.

Von Dr. H. Stadthagen in Berlin.

Aufserordentlich mehren sich in neuester Zeit die Versuche, einfache mathematische Beziehungen für die Entfernungen der dem Sonnensystem angehörenden Planeten von ihrem Zentralkörper zu finden. Es werden Formeln aufgestellt, die, von dem oder jenem Gesichtspunkt ausgehend, hier oder dort mehr oder minder genau mit den thatsächlichen Verhältnissen übereinstimmen. Vielen erscheinen diese Bemühungen einiger Astronomen als Spielereien; aber wenn sie auch vielleicht manchmal zu weit gehen und übers Ziel hinausschiefsen, so darf man doch nicht vergessen, dafs derartige Spekulationen schon oft theoretische, oft praktische Fortschritte verursacht haben. Auch mufs man sich erinnern, dafs die Entdeckung der ersten Glieder des Planetoidenringes, dessen einzelne zugehörige Himmelskörper zwischen den Bahnen der beiden grofsen Planeten Mars und Jupiter um die Sonne eilen, auf Grund einer ähnlichen Spekulation erfolgt ist.

Betrachtete man nämlich vor hundert Jahren die Zahlen, welche die mittleren Entfernungen der damals bekannten 7 Planeten von der Sonne angaben — die Erde mit eingeschlossen —, so zeigte sich folgendes Bild, wenn man die mittlere Distanz Erde-Sonne (rund 149 Millionen Kilometer) als Einheit der Entfernung annahm und die so sich ergehenden Entfernungen auf Zehntel dieser Einheit abrundete:

Merkur . . .	0,4		= 0,4
Venus . . .	0,4 + 1 × 0,3		= 0,7
Erde . . .	0,4 + 2 × 0,3		= 1,0
Mars . . .	0,4 + 4 × 0,3		= 1,6
. . . . .	. . . . .	. . .	. . .
Jupiter . . .	0,4 + 16 × 0,3		= 5,2
Saturn . . .	0,4 + 32 × 0,3		= 10,0
Uranus . . .	0,4 + 64 × 0,3		= 19,6

Zu der Grundzahl 0,4 — der Entfernung des Merkur von der Sonne — mufs man also für die andern 6 Planeten immer Vielfache von 0,3 addieren, um ihre Entfernungen von der Sonne zu erhalten, und zwar von dem Einfachen bei Venus beginnend, bei jedem folgenden immer das doppelte Vielfache von 0,3, wie bei dem vorhergehenden, wenn man sich zwischen Mars und Jupiter noch einen Planeten denkt. Augenscheinlich zeigte sich demnach zwischen Mars und Jupiter eine Lücke in diesem einfachen sogenannten Bodeschen Gesetz, das aber schon vor Bode von Wolf, Titius und anderen Astronomen des vorigen Jahrhunderts gefunden war. Natürlich war den Astronomen bereits früher der relativ grofse Zwischenraum zwischen den genannten beiden Planeten aufgefallen; schon seit Keplers Zeiten war man auf ihn aufmerksam geworden und hatte dort einen noch unbekannten Planeten vermutet, doch erst am Ende des vorigen Jahrhunderts beschlossen die Astronomen, systematisch nach ihm zu suchen.

Bevor aber diese systematischen Beobachtungen zu einem Ziele führten, wurde durch einen Zufall der erste der vielen kleinen Planeten entdeckt, die an Stelle des vermuteten grofsen Planeten zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter ihren Lauf um die Sonne vollenden.

Der italienische Astronom Piazzi bemerkte, als er mit Fixsternbeobachtungen zum Zweck der Berichtigung und Vervollständigung von Sternverzeichnissen beschäftigt war, am 1. Januar 1801 im Felde des Fernrohrs einen noch nicht verzeichneten Stern. Seine anfängliche Vermutung, dafs dieser Himmelskörper ein Fixstern sei, mufste er schon an den folgenden Beobachtungsabenden aufgeben, da derselbe seine Stellung zu den Fixsternen inzwischen verändert hatte und dauernd weiter veränderte, solange Piazzi das Gestirn beobachten konnte. Da dies aber wegen zu grofser Annäherung desselben an die Sonne nicht lange möglich war, so hegten die damaligen Astronomen die Befürchtung, diesen Himmelskörper, in dem sie den lange gesuchten Planeten zwischen Mars und Jupiter erblickten, nicht leicht wieder auffinden zu können.

Zufälliger- und glücklicherweise war gerade zur Zeit der Entdeckung der Ceres — so hatte Piazzi den neuen Planeten benannt — einer der gröfsten Mathematiker aller Zeiten, der damals noch jugendliche Gaufs, mit dem Problem beschäftigt, die Bahn eines Planeten aus nur wenigen Beobachtungen zu bestimmen, für das er auch wirklich eine relativ einfach und rasch zum Ziele führende

Lösung gefunden hatte. Seine scharfsinnigen mathematischen Entwickelungen praktisch auf die Probe zu stellen, bot sich ihm nun eine glänzende Gelegenheit; und über Erwarten gut gelang es ihm, die Beobachtungen von Piazzi rechnerisch darzustellen. Ein herrlicher Triumph mathematischer Wissenschaft, aber im besonderen des mathematischen Genies von Gaufs war es, als der Astronom Zach in der ersten Nacht, in der die atmosphärischen Verhältnisse sowie die Stellung der Ceres am Himmel ein Erfolg verheifsendes Aufsuchen dieses Planeten überhaupt wieder gestatteten — am 7. Dezember 1801 — auf Grund der Gaufsschen Berechnung des vorausbsichtlichen Ortes dieses Gestirns dasselbe thatsächlich wiederfand.

Schon im nächsten Jahre 1802 wurde aber ein zweiter solcher Planet — die Pallas — von dem bedeutenden Bremer Arzt und Astronomen Heinrich Olbers entdeckt. Wieder hatte der Zufall die Entdeckung herbeigeführt; denn Olbers wollte die Ceres beobachten, als er statt des einen Planeten gleich zwei fand, da beide zufällig sehr nahe am Himmel bei einander standen.

Mit der Entdeckung der Pallas hatte die bis dahin ziemlich allgemein gehegte Ansicht, dafs nur ein Planet zwischen den Bahnen des Mars und Jupiter den Raum durcheile, den Todesstofs erhalten. Man gelangte nun zu der Auffassung, dafs man in den beiden gefundenen Körpern die Trümmer eines grofsen Planeten vor sich hätte, und dafs voraussichtlich noch eine ganze Reihe solcher kleiner Planeten, Planetoiden, in dem Raume zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter um die Sonne liefe.

Es begann nun das Suchen nach diesen Himmelskörpern, das allerdings zunächst nur von geringem Erfolg gekrönt wurde. Im Jahre 1804 wurde von Harding in Lilienthal bei Bremen die Juno, 1807 von Olbers die Vesta entdeckt. Die Vesta ist der hellste aller bekannten kleinen Planeten und kann von Menschen mit sehr scharfen Augen unter günstigen atmosphärischen und Stellungs-Verhältnissen sogar ohne Fernrohr gesehen werden. Neuere spektroskopische Beobachtungen von Professor H. C. Vogel, dem Direktor des astrophysikalischen Instituts in Potsdam, scheinen auf das Vorhandensein einer Atmosphäre bei diesem Gestirn hinzuweisen.

Fast 40 Jahre vergingen, bis die genaueren Sternkarten, die Zunahme der für das Suchen nach Planetoiden geeigneten und verfügbaren Fernrohre, sowie die Fortschritte in der Erkenntnis, an welchen Stellen des Himmels man mit der gröfsten Aussicht auf Erfolg nach diesen kleinen, meist sehr lichtschwachen Körpern zu suchen

hat, es ermöglichten, weitere Glieder des Planetoidensystems zu finden. Im Jahre 1845 wurde die Astraea, 1847 die Hebe von Hencke in Driesen, einem eifrigen Liebhaber der Sternkunde, im selben Jahre die Iris und Flora von Hind in London entdeckt. Und nun verging bald kein Jahr mehr, in dem nicht mindestens ein bis dahin unbekannter Planetoid aufgefunden wurde. Da aber natürlich im allgemeinen die hellsten Gestirne dieser Familie zuerst aufgefunden waren, so mufste man allmählich immer stärkere optische Hilfsmittel anwenden, wenn man mit Erfolg auf die Planetensuche gehen wollte.

Waren bis zum Jahre 1851 im ganzen 15 Asteroiden aufgefunden, so sind die Zahlen der Entdeckungen in den nächsten Dezennien die folgenden:

1852 bis 1861:	57	Planetoiden-Entdeckungen,
1862 bis 1871:	45	"
1872 bis 1881:	103	"
1882 bis 1891:	103	"

sodafs vor 5 Jahren im ganzen 323 kleine Planeten bekannt waren. Unter den Entdeckern, von denen die meisten, wie die Astronomen Goldschmidt, Watson, Borelly, Luther, die Gebrüder Henry und andere, eine gröfsere Anzahl Planetoiden gefunden haben, stehen der Wiener Astronom Palisa mit einigen 70 und C. Peters in Clinton mit etwa 50 an erster Stelle.

Mit dem Jahre 1892 beginnt ein neuer Abschnitt in der Geschichte der Planetoiden-Entdeckungen durch die systematische Anwendung der Photographie auch auf diesen Zweig astronomischer Forschung, der ihr schon vorher vereinzelte Entdeckungen zu verdanken hatte. Ende des Jahres 1891 fing Dr. M. Wolf in Heidelberg an, mit gewöhnlichen photographischen Apparaten, deren Konstruktion natürlich dem speziellen Zwecke angepafst wurde, nach kleinen Planeten zu suchen, in der richtigen Erkenntnis, dafs das photographische Objektiv mit seiner kurzen Brennweite in diesem Falle dem üblichen Fernrohrobjektiv gegenüber Vorteile biete.

Die photographische Methode hat grofse Vorzüge vor dem früheren Verfahren, wofür schon das bedeutende Anschwellen der Neuentdeckungen seit dem Jahre 1892 ein Beweis ist. Mufste vordem der Beobachter eine bestimmte Gegend des Himmels mit gröfster Aufmerksamkeit mit einer Sternkarte vergleichen, um zu sehen, ob irgend ein auf der Karte nicht vermerktes Gestirn vorhanden wäre, so exponiert der Astronom jetzt einfach eine photographische Platte in der Regel 2 Stunden. Läfst er den photographischen Apparat mittelst

eines Uhrwerkes eine der Erdrotation entgegengesetzte Bewegung ausführen, so erhält er offenbar von den Fixsternen, da deren Strahlen unter diesen Umständen immer dieselbe Stelle der photographischen Platte treffen, Bilder von Punkten oder kleinen Kreisscheiben, während die Planeten infolge ihrer planetarischen Bewegung unter den Fixsternen ihr Bild immer auf andere Stellen der Platte werfen, also auf letzterer das Bild einer mehr oder minder breiten Linie entstehen lassen. Es ist daher Ort und Lauf der Planetoiden zwischen den Fixsternen auf diesen Platten festgelegt, so dafs man sie bequem in der Studierstube nachher durch Messung bestimmen kann.

Das Jahr 1892 brachte infolge der Anwendung dieses neuen Verfahrens 28 Planetoiden-Entdeckungen, das nächste sogar 33. Aber die anfängliche Befürchtung, dafs die Zahl der kleinen Planeten, die auf diesem Wege zu entdecken wären, eine ungeheuer grofse sein würde, hat sich nicht als gerechtfertigt erwiesen. Es finden sich nämlich unter den auf die obenbeschriebene Weise photographierten Planeten von Jahr zu Jahr verhältnismäfsig immer mehr alte als neue, so dafs anzunehmen ist, dafs sich wohl nicht viel mehr als 500 Planetoiden mit den heutigen Mitteln der photographischen Technik und Optik finden lassen werden. Nach den bisherigen Erfahrungen gehört jeder Gröfsenklasse dieser Weltkörper eine etwa doppelt so grofse Zahl an, wie der nächsthelleren Gröfsenklasse. Man teilt nämlich die Planetoiden, ähnlich den Fixsternen nach ihrer Helligkeit in Gröfsenklassen ein. Wie bei diesen hängt die Gröfse nicht nur von der wirklichen Gröfse dieser Körper, sondern vor allem von ihrer Entfernung von uns, sowie von dem Leuchtzustande ihrer Oberfläche und deren Fähigkeit, Licht zu reflektieren, ab.

In den letzten Jahren — 1894, 1895 und 1896 — wurden 17, bezw. 12 und 23 Planetoiden entdeckt. Fast alle der auf photographischem Wege in den letzten 5 Jahren aufgefundenen mehr als 100 Planeten sind von Wolf in Heidelberg und Charlois auf der Sternwarte bei Nizza entdeckt worden, die so die erfolgreichsten älteren Planetenjäger überholt haben.

Sieht man von einigen neu aufgefundenen Planetoiden ab, deren Bahnen noch nicht berechnet sind, so dafs ihre Neuheit noch nicht zweifellos festgestellt ist, so ist die Zahl der bekannten Himmelskörper dieser Art am Ende des vergangenen Jahres bis auf 423 angewachsen. Um die Berechnung der Bahnen dieser Gestirne hat sich im letzten Jahrzehnt vor allem der Astronom des Berliner Recheninstituts, das seit lange die Bearbeitung dieser Himmelskörper im Berliner Astro-

nomischen Jahrbuch zu seiner Spezialaufgabe gemacht hatte, Herr Berberich, in uneigennützigster Weise verdient gemacht. Bei dem raschen Anwachsen der Entdeckungen in den letzten Jahren wurde aber eine offizielle Organisation dieser Rechnungen immer notwendiger. Für die Zukunft wird nun die systematische Beobachtung der Planetoiden erheblich dadurch gefördert werden, dafs der Direktor des Königlichen Berliner Recheninstituts, Prof. Dr. Bauschinger, neuerdings die rechnerische Bearbeitung dieser Gestirne offiziell in Aussicht genommen hat, besonders aber die Vorausberechnung der Stellungen derjenigen Planetoiden, die in für die Beobachtung günstige Positionen gelangen. Die wissenschaftlich weniger interessanten Glieder dieser Gestirnsgruppe sollen nunmehr nur soweit rechnerisch studiert werden, dafs bei Wiederauffindung derselben eine Identifizierung immer leicht möglich ist.

Diejenigen Planetoiden aber, welche für andere Fragen der Astronomie von besonderer Wichtigkeit sind, sollen an dem genannten Institut auf das eingehendste bearbeitet werden. Denn sind auch die Planetoiden im Verhältnis zu den Dimensionen der meisten anderen Körper im Weltall, der Fixsterne, der Sonne und der grofsen Planeten, nur winzig klein, da selbst der gröfste von ihnen, die Ceres, nur einen Durchmesser von etwa 800 km, viele von ihnen aber wohl nur einen solchen von 15 km haben, so bieten manche doch unter bestimmten Verhältnissen dem theoretischen Astronomen wertvolles Material zu allgemeineren Untersuchungen.

Die kleinen Planeten sind in dem Raume zwischen den Bahnen des Mars und Jupiter so weit nach beiden Planeten hin verteilt, dafs einige der Erde fast so nahe kommen wie Mars, andere aber sich zu Zeiten dem Jupiter sehr nähern. Letztere geben ein gutes Mittel zur Bestimmung der Masse des Jupiter, erstere, besonders die helleren zur Ermittelung einer der wichtigsten astronomischen Fundamentalgröfsen, der mittleren Entfernung Erde-Sonne. Von hervorragendster Bedeutung für die Theorie der absoluten Störungen, also die mathematische Darstellung der Bewegung von mehr als zwei Himmelskörpern um einander, sind diejenigen Glieder dieser Gruppe von Himmelskörpern, deren Umlaufszeit um die Sonne in einem einfachen Verhältnis, z. B. $1/2$ oder $1/3$, zu derjenigen des Jupiter steht. Schliefslich bieten diese Gestirne auch in photometrischer Beziehung manches Interesse dar.

Der Kampf um den Nordpol.

Nach seinem gleichnamigen Urania-Vortrage bearbeitet

von Dr. M. Wilhelm Meyer.

(Schlufs.)

3. Nansen.

Wie Payer von seinen Vorgängern gelernt hatte, so konnten nun seine Nachfolger, konnte ganz besonders Nansen dessen Erfahrungen benützen, um die Eroberung des Nordpols nooh einmal und erfolgreicher anzustreben. Vier Jahre nach der Rückkehr Payers unterzog sich Nordenskjöld derselben Aufgabe, die nordöstliche Durchfahrt zu suchen, an deren Ausführung der Erstere durch allzufrühe Besetzung des Tegetthoff im Eise verhindert worden war. Nordenskjöld aber hütete sich nun wohl, durch das eisumschanzte Meer zwischen Nowaja-Semlja und Franz-Josephs-Land zu fahren, wo der Tegetthoff seine vierzehnmonatliche Eistrift anzutreten gezwungen war, sondern steuerte sein Schiff, die „Vega", durch die Jugor-Strafse zwischen der Insel Waigatsch und dem Festlande südlich von der vielgenannten russischen Doppel-Insel. Die Fahrt ging deshalb ohne Schwierigkeiten von statten; bereits einen Monat nach der Abfahrt von Norwegen hatte man die nördlichste Spitze des asiatischen Kontinents, das Kap Tscheljuskin unter 77 Grad 36′, erreicht und abermals einen Monat später das Winterquartier ganz in der Nähe der Beringstrafse bezogen. Die ganze Nordküste des ungeheueren asiatisohen Kontinents war in weniger als zwei Monaten umsohifft.

In demselben Jahre 1879, in welchem Nordenskjöld, in Erfüllung soiner Aufgabe durch die Beringstrafse segelnd, Ostasien erreiohte, ging von San Francisko die „Jeannette" nach dahin ab, um von dioser Seito abermals den Pol zu stürmen. Aber diese Expedition verlief recht unglücklich. Die Jeannette geriet ins Treibeis, wurde in der Irre umhergeführt, wie wir es hier schon wiederholt zu schildern hatten, und scheiterte schliefslich an den Neusibirischen

Inseln unter etwa 77 $^1/_2$ Grad Nordbreite und 155 Grad Länge am 13. Juni 1881. In vielen schweren Kämpfen, die nun folgten, fand der gröfste Teil der Mannschaft mit ihrem Führer Delong seinen Tod.

Dieser Untergang der Jeannette wurde aber der erste Anstofs zu dem neuen und ungemein kühnen Angriffsplane, den Nansen mit so grofsem Glück auszuführen vermochte. Drei Jahre nach jener Katastrophe wurden an der Südspitze Grönlands in Julianehaah Kleider und Schriftstücke ans Land geschwemmt, die von der Jeannette stammen mufsten. Nach der Überzeugung Nansens konnten sie nur auf einer Scholle nördlich von Franz-Josephs-Land nahe am Pol vorüber und dann westlich von Spitzbergen in jene Strömung getrieben sein, welche die Hansamänner rettete. Viele wissenschaftliche Argumente sprachen für das Vorhandensein solcher ostwestlich über den Pol verlaufenden Strömung oder Eistrift. Das polare Meeresbecken sammelt durch die sibirischen Ströme und durch die reichlichen atmosphärischen Niederschläge namentlich im Osten beträchtliche Mengen Wassers, die zum grofsen Teil durch die einzige breitere Öffnung dieses Beckens im Westen, d. h. zwischen Grönland und Spitzbergen, ihren Ausflufs finden müssen. Das Schicksal des Tegetthoff hatte in der That gezeigt, dafs der nordöstlich an Norwegen vorbeiziehende Golfstrom unter dem Einflufs irgend einer Gegenströmung zwischen Nowaja-Semlja und Franz-Josephs-Land nach Norden umbog, wodurch allein die Entdeckung dieses Landes herbeigeführt wurde.

Nansen entschlofs sich deshalb, das gefürchtete Geschick vorangegangener Polarfahrer, das Besetztwerden des Schiffes an geeigneter Stelle, absichtlich herbeizuführen, d. h., wenn irgend möglich, gerade an dem Orte, wo die Jeannette untergegangen war, einzufrieren und sich dann von der Scholle treiben zu lassen, wohin sie es wollte. So musste man nach seiner Überzeugung am ehesten den Pol erreichen können. Mensch und Menschenwerk hatten sich im gar zu ungleichen Eroberungskampfe als zu schwach erwiesen; nun sollten die widrigen Elemente selbst die Führer sein.

Das Haupterfordernis für das glückliche Gelingen dieses Wagnisses war ein Schiff, das jenen entsetzlichen Eispressungen zu widerstehen vermochte, welche so vielen anderen verhängnisvoll geworden waren. Unter solchen Gesichtspunkten entstand die „Fram“.

Auf drei Jahre war die Fahrt derselben berechnet; solange gebrauchten etwa die Gegenstände der Jeannette. Auf dem ganzen Wege von 2900 Seemeilen macht das nur deren zwei bis zweieinhalb per

Tag, also nicht mehr, als man in einer guten Stunde zu Fuße zurücklegen kann. Es mußte aber für alle Fälle damit gerechnet werden, daß die Reise noch viel langsamer vor sich gehen würde, deshalb verproviantierte man sich für fünf Jahre und nahm für 39000 Kronen (eine Krone entspricht ungefähr einer Mark) Lebensmittel an Bord. Die Herstellung der Fram selbst hat mehr als eine Viertelmillion verschlungen; die Gesamtkosten der Expedition betrugen nahezu eine halbe Million, welche von einer kleinen Anzahl hochherziger Gönner gestiftet wurde.

Am 24. Juni 1893 war die Fram von Christiania abgedampft, und bereits ihre Reise längs der norwegischen Küste war ein kleiner Triumphzug. In der Brust jener Zwölf — ein Dreizehnter wurde erst in Tromsö angeworben und sollte eigentlich nur den Anfang der Reise mitmachen — war gewiß dabei ein banges Gefühl nicht zu unterdrücken, daß dieser Jubel weit verfrüht sei.

Am 21. Juli fuhr die Fram in aller Morgenstille, von nur wenigen bemerkt, aus dem Hafen von Vardö, dem letzten norwegischen Orte, den sie vor ihrer großen Reise berührte, den Bergen Norwegens, dem europäischen Lande, dem civilisierten Leben, vielleicht dem Leben überhaupt den Rücken kehrend, einem unbekannten, gefahrreichen Schicksal entgegen.

Nach allem, was wir von den Erlebnissen vorangegangener Expeditionen hier mitgeteilt haben, können wir uns nun bei der Schilderung der kühnen Reise Nansens, so reich sie auch an interessanten Episoden gewesen ist, kurz fassen.

Nansen nahm genau dieselbe Route wie Nordenskjöld; durch die Jugorstraße und dann die Karische See, den „Eiskeller Europas", fuhr er an flachen, uninteressanten Landgebieten entlang bis hinauf zum Kap Tscheljuskin. Einige kleine öde Inseln wurden hier entdeckt und eine derselben mit dem Namen des braven Kapitäns der Fram, Sverdrup, belegt. Weiter ging's bis vor die Neu-Sibirischen Inseln; hier lenkte Nansen von Nordenskjölds Wege ab und steuerte bei einem Punkte, der etwa noch 20 Grad westlich von dem Untergangsorte der Jeannette blieb, nach Norden, gegen die Eisgrenze hin. Bald nachdem dieselbe erreicht war, fror die Fram etwa unter 79 Grad am 21. September 1893, wie es Nansen erhoffte, ein. Aber nun begann die Trift zunächst in durchaus nicht erwünschter Weise; man wurde nach Südosten hin zurückgetrieben. Indessen nach einigen Wochen schwenkte die Scholle wieder um, und die schneckenhaft langsame Fahrt ging in vielfachen Zickzacklinien im großen und ganzen nach Nordwesten. Am 16. Juni 1894 hatte man seit dem Beginn der

Schollenfahrt noch nicht 400 km zurückgelegt; das macht $1^3/_4$ km pro Tag. Wieder aber wendete die Scholle um, und gegen Ende des Sommers war man dem Ausgangsorte der Schollenfahrt nach beinahe einem Jahre willenlosen Umherirrens wieder auf 150 km, die ein Fufsgänger in wenigen Tagen zurücklegen würde, nahe gekommen. Jetzt fand abermals eine günstige Wendung statt. Gegen Ende des zweiten Winters hatte es sich offenbar gezeigt, dafs die allgemeine Richtung der Fahrt ungefähr ebensoweit vom Pol bleiben würde, wie das Einfrieren des Schiffes westlich vom Untergangsorte der Jeannette stattfand. War dies zwar eine schöne Bestätigung der Theorie Nansens, so kam sie ihm doch jetzt keineswegs genehm. Es hielt ihn nun nicht länger auf dem Schiffe, das sich bisher auf das Trefflichste im Eise bewährt hatte. Nach zwar furchtbaren Kämpfen hatte der breitausladende und durch die glatt gewölbten Wände keine Angriffspunkte bietende Bau der Fram sich wie ein Aal aus den wilden Umarmungen des Eises gewunden; triumphierend stand das Schiff über dem Gebirge von gewaltigen Schollen, die es zu vernichten drohten. Eine ernstliche Gefahr war für die Insassen nicht mehr vorauszusehen, und irgend welchen Einflufs auf die kommenden Geschicke konnte der Führer des schollengefangenen Schiffes doch nicht nehmen. Man hatte sich ja freiwillig dem Zufall in die Hand gegeben. So verliefs Nansen am 14. März 1895 mit Lieutenant Johansen unter beinahe 84 Grad Nordbreite seine übrigen Gefährten und ging auf Schlitten und Schneeschuhen von Scholle zu Scholle geradenwegs auf den Pol zu. Die beiden tollkühnen Menschen hatten sich bei Zeiten an den Genufs von rohem Fisch und Seehundsfleisch gewöhnt, so dafs sie, wie Eskimos lebend, sich auf den Ertrag ihrer Jagdbeute auch unter den schwierigsten Umständen verlassen und den mitzuschleppenden Ballast auf ein Minimum beschränken konnten. Die Lebensweise jener Nordlandssöhne völlig nachahmend, blieben sie bei bester Gesundheit, ja Nansen hatte nach Beendigung der Reise sogar um einige Pfund zugenommen. Erst als die beiden einsamen Männer bemerkten, dafs die Schollen schneller nach Süden trieben, als das Vordringen nach Norden in der Eiswüste möglich war, wendeten Nansen und Johansen unter 86 Grad 14 Minuten um, drei Grad nördlicher als je zuvor eine Expedition vorzudringen vermochte, und gingen zum Franz-Josephs-Land, wo sie von 1895 auf 96 überwinterten. Daselbst trafen sie, wie allgemein bekannt, am 18. Juni ganz zufällig mit dem Engländer Jackson zusammen, der zur näheren Erforschung jenes arktischen Landes hierher ge-

sandt worden war. Das Schiff dieser Expedition landete sie am 13. August des vergangenen Jahres in demselben Vardö, von welchem drei Jahr und drei Wochen vorher die Fram mit ihnen abgefahren war.

Letztere setzte inzwischen ihre unfreiwillige Reise mit ihrer Scholle fort, von der sie an demselben Tage, an welchem Nansen zuerst norwegischen Boden betrat, etwa zwei Grad nördlich von Spitzbergen wieder loskam. Wenden wir uns zuvor dieser Inselgruppe zu. Es ist ein gar merkwürdiger Fleck Erde. Ungefähr so grofs wie Ceylon und seit dreihundert Jahren bekannt, hat keine Weltmacht bisher Lust verspürt, Spitzbergen unter ihr Scepter zu bringen. Es giebt dort eben nichts zu regieren. Die Nordufer der Inselgruppe überragen noch jenen 80. Breitegrad, bei welchem im Osten das Franz-Josephs-Land eben beginnt. Auf beiden hat kein menschliches Wesen einen dauernden Wohnsitz aufgeschlagen. Und dennoch ist Spitzbergen von allen arktischen Ländern das am leichtesten zu erreichende; ja heute ist es geradezu dem Touristenverkehr eröffnet. Im letzten Sommer fuhr ein grofser englischer Dampfer mit einer ganzen Anzahl von Damen und Herren, die mit Ausnahme des alten Kapitän Bade, eines von den Hansamännern, mit Nordpolfahrern durchaus nichts gemein hatten, noch weit nach Norden über Spitzbergen hinaus und gelangte erst bei 81 Grad 39 Minuten an die Grenze des ewigen Polareises. Knallende Champagnerflaschen begrüfsten hier eine Nordbreite, die an wenigen anderen Stellen des Erdkreises einige wagehalsige Menschen nur unter den gröfsten Entbehrungen zu erreichen vermochten. Diesen Vorzug verdankt die Westseite Spitzbergens allein jener warmen Meeresströmung, welche vorher Norwegen bespült und dann dem Eisstrome siegreich entgegentritt, der, vom Pol kommend, nach Südwest gedrängt, den Eisgürtel Grönlands erzeugt. Ebenso wie dieses letztere ist auch Spitzbergen im Osten völlig vereist und deshalb dort noch wenig bekannt. Man vermutet, dafs es durch weitere Inselgruppen mit dem Franz-Josephs-Lande zu einem gröfseren Archipel verschmilzt, der den vom Pol südwärts drängenden Eismassen keinen Ausweg läfst.

Zwar keine menschliche Wohnung giebt es auf Spitzbergen, aber ein Hotel! Seit im letzten Sommer Andree dort mit seinem Ballon weilte, hat man eine Unterkunftshütte dazu erweitert. Sie soll auch noch in diesem Sommer gleichen Zwecken dienen. Da die Sonne hier während der Saison, und zwar vom 20. April bis zum 22. August, überhaupt nicht untergeht, so mag gewifs der arme Wirt sehr in

Verlegenheit darüber sein, was er an Stelle der „Bougiee“ auf die Rechnung setzen soll. —

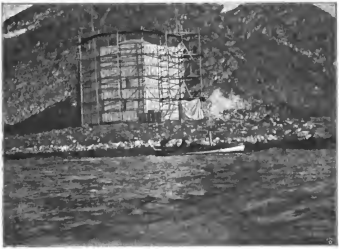
Hier kann heutzutage jedermann nach seinem Belieben ein paar Wochen Polarfahrer spielen. Die Natur ist ebenso einsam und gewaltig, ebenso wildschön und unbeschreiblich seltsam wie die jener unnahbaren arktischen Länder, denen nur die allerkühnsten unter den Menschen sich bisher nähern durften. Spitzbergen besitzt wie Grönland eine mehrere hundert Meter dicke Inlandeisdecke, und die viele Zehner von Kilometern breiten Gletscher, welche sich von ihr niederwälzen, ragen mit ihren krystallenen Füfsen bis in die Meereswogen hinab. Das Vergnügen eines kräftigen Schneegestöbers am Strande kann man noch im Juli haben. —

Hart an der Nordwestecke der Inselgruppe sieht man auf der kleinen Däneninsel unter einer Felswand, an welche sich einige Moose und Flechten oder hie und da eine Alpenblume klammern, ein eigentümliches Bauwerk errichtet, das an einen Gasometer erinnert. Es ist Andrees Ballonhaus, aus welchem er mit seinem genial erdachten Luftschiff, der Virgo, aufzufliegen und den Pol zu erobern gedenkt. Die ganze Welt sieht diesem hochinteressanten Experiment, das mit grofsem Scharfsinn und gediegenster Fachkenntnis geplant ist, mit Spannung entgegen. Die Virgo ist bis zu einem gewissen Grade durch Taue lenkbar gemacht, die, von dem Ballon herabhängend, auf der Erde nachschleifen, und deren Widerstand zur Lenkung verwendet werden soll. Ein kräftiger Südwind vermag das Gefährt von hier aus in weniger als einem Tage bis zum Pol zu führen, und dann kann es nach der sibirischen Seite abgelenkt werden. Es sind Vorkehrungen getroffen, dafs man höchstens zweihundert Meter über der Oberfläche bleibt, und so würde also das ganze Gebiet aus der Vogelschau vortrefflich aufgenommen werden können. Im vergangenen Sommer stellte sich die gewünschte Luftströmung nicht ein; man hatte fast beständig Nordwind. In diesem Jahre hofft Andree glücklicher zu sein.

Die Fram gebrauchte diesen Nordwind. Nahe über Spitzbergen trieb sie schon lange auf ihrer Scholle gen Süden; am 13. August kam sie etwa 250 km nördlich von hier vom Eise, das sie beinahe drei Jahre gefangen gehalten hatte, los. Zum Erstaunen der immer noch auf günstigen Wind Wartenden traf das wohlbekannte, durch die wütenden Angriffe des Eises fast unversehrt gebliebene Fahrzeug zum erstenmale wieder mit Menschen zusammen, die, obwohl noch weit getrennt von der civilisierten Welt, doch Teilnahme empfinden

und Hoffnung geben konnten, dafs die Zurückkehrenden ihren geliebten Führer, welcher sie vor anderthalb Jahren verlassen hatte, wohlbehalten wiedersehen würden. Gerade an diesem selben Tage war er in Norwegen eingetroffen.

Die Fram hatte im grofsen und ganzen auf ihrer Scholle einen Kurs genommen, wie ihn die Trift der Jeannette - Gegenstände vermuten liefs; nur war sie entsprechend dem zu westlich liegenden Angriffspunkte der Fahrt ziemlich weit nach der asiatischen Seite hin



Andrees Ballonhaus.

vom Pol entfernt geblieben. Nur im Winter 1895 schwenkte die Scholle fast genau nördlich über Franz-Josephs-Land nach dem Pol ab, sodafs das Schiff am 15. November 85 Grad 57 Minuten Nordbreite erreichte, also nur 17 Minuten weniger als Nansen selbst auf seiner Schlittenfahrt. Etwa drei Grad über Spitzbergen hatte man das grofse Glück, aus der Eistrift, welche offenbar hier längs der Küste Grönlands weitergeht, in einen auf jene Inselgruppe direkt nach Süden hin gerichteten Strom zu gelangen. Anderenfalls hätte man leicht noch ein ganzes Jahr auf demselben Wege, den die Hansamänner mit ihrer Scholle geführt wurden, bis an die Südspitze Grönlands weitertreiben können, ohne dafs inzwischen irgend jemand Kenntnis von dem Schicksal der Fram erhalten hätte.

So kann man die Bemerkung nicht unterdrücken, dafs die tollkühne

Expedition Nansens von einem unerhörten Glück getragen wurde. Die vielfach angezweifelten Voraussetzungen ihres Führers sind praktisch auf das schönste bestätigt worden, und ein Erfolg von der weittragendsten Wichtigkeit für die Zukunft der Polarforschung krönt die mutige That, der Erfolg — kein Land und kein offenes Wasser gefunden zu haben. Die bisher noch immer unausrottbare Mythe des polaren Archipels ist endgiltig beseitigt. Blieben sowohl Nansen wie auch die Fram ein gutes Stück vom Pol entfernt, so hat doch die Entdeckung einer Tiefsee von einigen tausend Metern, welche die Lotungen ergaben, das Nichtvorhandensein einer irgendwie erheblichen Landmasse, die sich immer in weitem Umkreise durch Untiefen kundgiebt, aufser Frage gestellt. Da auch die meteorologischen Verhältnisse der Polumgebung durch die dreijährigen Beobachtungen auf der Fram recht gut studiert sein werden, so bleibt der Nordpolforschung, wenn Andree noch einmal zur Bestätigung die Vogelschaukarte des Gebietes aufgenommen haben wird, kaum noch etwas zu thun übrig. Nansen hat den Schlufsstein gelegt.

Jetzt endlich wird man sich energischer dem noch gänzlich unbekannten Südpol zuwenden, der eine Welt von Geheimnissen birgt, und der, wie es scheint, hinter Gletscherwänden, gegen welche die arktischen Pygmäen sind, einen weitausgedehnten Kontinent trägt, aus dessen Innern sich riesige Eisströme zu entwickeln vermögen. Am Südpol kann man nur Wunderbares finden. Gleich erstaunlich wird es sein, wenn man dort eine Naturentwickelung entdeckt, welche von derjenigen arktischer Länder wesentlich abweicht, oder wenn beide, von der Scheide des Tropengürtels von einander getrennt, dennoch nahe Verwandtschaft zeigen. Wollen wir die hauptsächlichsten Charakterzüge im Antlitz unserer Mutter Erde richtig deuten lernen, so darf jene allerwichtigste Frage, wie weit das Spiel der Naturerscheinungen in ihrem äufsersten Norden parallel geht oder von dem im äufsersten Süden verschieden ist, nicht länger unbeantwortet bleiben; denn alle zwischenliegenden Erscheinungen, die uns täglich in Mitleidenschaft ziehen, stehen unter dem Einflufs dieser Extreme.

Aber kehren wir noch einmal zu der Fram zurück. Voll Ungeduld, Sicheres über das Schicksal des Führers und Freundes zu erfahren, lenkte der betrübte Sverdrup das Schiff seiner norwegischen Heimat wieder zu. Am 20. August erreichte man das kleine Fischerstädtchen Skjaervö, zwischen Hammerfest und den Lofoten auf 70 Grad nahe bei Tromsö gelegen.

Die wunderbare Reihe von glücklichen Zufällen, welche diese

denkwürdige Fahrt in die Eiswüsten des Pols auszeichnete, wurde durch dieses Zusammentreffen noch vermehrt. Sverdrup, voll peinlicher Erwartung an Land gehend, erfährt nicht nur, dafs Nansen lebt, sondern dafs er sich kaum zwei Stunden entfernt von ihm befindet. Depeschen fliegen hin und her, und am nächsten Tage, den 21. August, liegen sich die Kameraden in den Armen! Nansen, auf einem fremden Schiff in die Heimat zurückgekehrt, kann nun auf seinem eigenen, das seiner Konzeption entsprang und seiner genialen Idee zu dauerndem Ruhm verhalf, die Triumphreise längs der wildromantischen Küsten seines Vaterlandes antreten.

Beobachtungsresultate über die Sonnenfinsternis vom 9. August 1896. — I. Meteorologieche Resultate. Die zahlreichen Expeditionen, die zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternie vom 9. Auguet v. J. auegesandt worden sind, haben nur zum Teil wegen Ungunet dee Wetters Erfolg gehabt, namentlich auf einigen Stationen in Sibirien und an einigen Punkten Lapplands. Da die Berichte über die Beobachtungen jetzt allmählich in die Öffentlichkeit gelangen, möchten wir die Ergebnieee der Fineternieexpeditionen für die Leser uneerer Zeitechrift in einigen Mitteilungen zueammenfaseen. Wir beginnen mit den meteorologiechen Resultaten.

Beobachtungen über die Veränderungen der Temperatur, des Luftdruckee u. e. w. während der Sonnenfinsternieee eind vor dem Jahre 1887 nur zufällig gemacht und mehr ale eine nebensächlicbe Ergänzung zu den aetronomiechen Ergebnieeen betrachtet worden. Man kannte allgemein den während dee Maximume der Verfineterung eich einetellenden Temperaturrückgang der Luft, vermutete, dafe der Stand dee Barometers hingegen nicht sebr von der Fineternis beeinflufet werde, dafs ferner verschiedene, allerdings untereinander sebr widersprecbende Wahrnehmungen über Veränderungen der Windrichtung verzeichnet worden sind. Zu dieeen Ergebniseen war Rangard gekommen, ale er die meteorologiechen Beobachtungen zueammenzog, welche über die Sonnenfinsternieee bis 1878 vorlagen. Upton äufserte aber echon die Vermutung, dafe möglicherweiee auch der Luftdruck einer entschiedenen Schwankung während der Fineternisee auegeeetzt eein könnte, und führte Beobachtungen hierüber bei den Fineternieeen vom 6. Mai 1883 (Carolina-Ineel) und 7. September 1858 (Parangua) an, die aber ale fehlerhaft nachgewieeen werden konnten. Deewegen erlangten Beobachtungen ein grofses Intereeee, welche auf Aufforderung A. S. Steens bei Gelegenheit der totalen Sonnenfinsternie vom 29. August 1886 von 14 norwegischen Schiffen, die eich in der Totalitätszone (in den Äquatorgegenden) befanden, über die Änderungen des Luftdrucke während der Fineternie

gemacht wurden. Diese Beobachtungen ergaben nämlich das Auftreten zweier Maxima des Luftdruckes, des einen etwa 35 Minuten nach der Mitte der Finsternis, des anderen, nachdem die Finsternis zu Ende war. In den Beobachtungszahlen drückte sich die Schwankung als eine deutliche Doppelwelle aus, nämlich durch zwei Ansteigungen, die durch ein zwischenliegendes Minimum von einander getrennt waren. Die Erklärung, welche Steen über die Erscheinung der Doppelwelle gab, ist sehr plausibel: Bei einer totalen Sonnenfinsternis erfolgt eine rasche Abnahme des Tageslichtes, der sehr kurzen Dämmerung vergleichbar, welche in den Tropen auf den Untergang der Sonne folgt. In den Tropen ist der Gang der Kurve des täglichen Luftdruckes ein sehr regelmäfsiger; er erreicht nach Sonnenuntergang, etwa um 10 Uhr abends, ein Maximum und sinkt bis zum nächsten Morgen, wo er kurz vor Sonnenaufgang sein Minimum erlangt; dann beginnt ein Steigen, welches um 10 Uhr vormittags mit einem zweiten Maximum schliefst. Die wenige Minuten dauernde Totalitätsphase der Sonnenfinsternisse bringt ganz ähnliche Verhältnisse in der Kurve des Luftdruckes, natürlich in kleinem Mafsstabe, hervor. Auch nach der merklichen Abschwächung des Tageslichtes steigt das Barometer weiter und erlangt um die Zeit der Totalität ein Maximum; kurz darauf sinkt es, und erst allmählich, nachdem die Finsternis längere Zeit zu Ende ist, und die Sonne wieder ihre volle Wirkung entfaltet, tritt neuerdings ein Steigen und der normale Verlauf der täglichen Kurve ein. Letztere zeigt dem entsprechend eine kleine Doppelwelle, dargestellt durch zwei Maxima, die durch ein Minimum von einander getrennt sind. Diese merkwürdige Erscheinung hat, abgesehen von dem wissenschaftlichen Interesse, welches die genauere Verfolgung der Temperaturveränderung während der Finsternisse, der Windrichtung u. s. w. darbietet, die Notwendigkeit dargethan, meteorologische Beobachtungen bei den Finsternissen systematisch einzurichten, d. h. die Ablesungen in regelmäfsigen Intervallen während der ganzen Finsternis auszuführen und in Beziehung auf die Kurve des Luftdruckes das Barometer einige Tage vor und nach der Finsternis an Ort und Stelle aufmerksam zu verfolgen. Solche systematischen Beobachtungen, und zwar während der Finsternis alle 10 Minuten, vor und nach der Finsternis alle halben Stunden und an den vorhergehenden sowie den nächsten Tagen, haben alle russischen Stationen schon bei der folgenden Sonnenfinsternis vom 19. August 1887 gemacht. Nach der von Steen vorgenommenen Bearbeitung der Luftdruck-Resultate bei dieser

Finsternis war auch hier die Doppelwelle nicht zu verkennen. Für die vorjährige Finsternis vom 9. August meldet der Bericht der russischen Station zu Pawlowsk, dafs vor Beginn der Finsternis ein Fallen des Barometers, während der Phase ein Steigen um $^3/_4$ mm beobachtet wurde; nach dem Maximum der Verfinsterung fiel das Barometer wieder etwas und erreichte seinen normalen Stand erst $1^1/_4$ Stunden nach der Mitte der Finsternis, deutete also eine ähnliche Welle an wie bei den früher genannten beiden Sonnenfinsternissen.

Der Rückgang der Lufttemperatur, welcher bei den Finsternissen eintritt und sein Maximum meist erreicht, wenn die gröfste Phase der Verfinsterung vorüber ist, wird für die vorjährige Finsternis von der Station Olekminsk (Sibirien), wo der Himmel zur betreffenden Zeit wolkenfrei war, auf $2^1/_2$ Grad angegeben, von einigen anderen, weniger durch klares Wetter begünstigten Stationen auf 1 bis 2 Grad. Dies stimmt mit den systematischen Beobachtungen der russischen Expeditionen vom 19. August 1887, wo die östlichen, von klarem Wetter begünstigten Stationen die stärksten Temperaturunterschiede, bis zu 2,6 Grad, verzeichnet haben. Dafs übrigens für gute Instrumente der Temperaturrückgang auch bei bedecktem Himmel und nicht ganz verfinsterter Sonnenscheibe merklich ist, zeigen bei der vorjährigen Finsternis die Notizen aus Pawlowsk, wo trotz des trüben Wetters die Lufttemperatur zur Zeit der gröfsten Phase um 0,3 Grad zurückging, und die Beobachtung von demselben Betrage am Petersburger Centralobservatorium, obwohl dort die Bedeckung nur $^3/_4$ der Sonnenscheibe erreichte und aufserdem ungünstiges Wetter war.

Von der Himmels- und Erd-Elektrizität.

In den letzten Jahren sind eine ganze Reihe von Untersuchungen angestellt worden, um das Wesen der atmosphärischen Elektrizität aufzuklären. Bis vor kurzem wufste man nur, dafs bei heiterem Wetter in den untern Luftschichten ein starker, von Stunde zu Stunde, sowie von Tag zu Tag wechselnder Spannungsunterschied zwischen der Erdoberfläche und einer gewissen Höhe über derselben sich nachweisen lasse, so zwar, dafs man sich nach Lord Kelvin die Erde als Sitz einer negativen elektrischen Schicht denken konnte, welche durch Influenz auf die Luft eben jene Spannungen erzeugte. Wenn aber bis zur Höhe des Eiffelturms bereits Spannungen bis zu 10000 Volt vor-

kamen, also bei weiterem gleichmäfsigen Anwachsen diese in 30 bis 40 km vom Erdboden Millionengröfse erreichen mufsten, so konnte kaum mehr eine blofse Influenzwirkung vorliegen, und man wurde[1]) auf den Gedanken gebracht, dafs in den gröfseren Höhen der Lufthülle gewaltige positiv-elektrische Massen ihren Sitz haben müfsten. Wie diese Ladungen in der Luft bestehen sollten, und welche Konsequenzen ihr Vorhandensein für die magnetischen Vorgänge auf der Erde haben konnten, das war Stoff genug für weiter gehende Hypothesen, denen sehr bald zweierlei Beobachtungen den Boden entzogen, nämlich diejenigen, welche auf hohen Bergen und im Ballon angestellt wurden. Bei den Bergbeobachtungen kommen aufser einigen, die F. Exner auf dem Schafberge angestellt hat, vor allem die umfassenden auf dem Sonnblick durch Elster und Geitel und die in ihrem Auftrage durch den früheren Beobachter Peter Lechner ausgeführten in Betracht.[2]) Diese erstrecken sich über einen mehrjährigen Zeitraum und zeigen in ihrer Gesamtheit, dafs in der Höhe von 3000 m die Schwankungen der elektrischen Spannung an klaren Tagen recht geringe sind im Vergleich mit dem grofsen Wechsel, dem dieselben in der Ebene unterliegen. Hieraus schon ergiebt sich der Schlufs, dafs, wenn die Luft an normalen Tagen elektrische Massen enthält — also abgesehen von den in den Wolken aufgespeicherten negativen Mengen, welche in den Gewittern ihre verheerenden Wirkungen zeigen — dieselben weit unterhalb des Niveaus von 3000 m bleiben müssen, und oberhalb dieser Meereshöhe nur solche freie Luftelektrizität vorhanden sein kann, welche weder an Lage noch an Intensität stark veränderlich ist. Andererseits ergiebt sich aus den im Ballon gemachten Messungen,[3]) dafs in der That positive Massen an gewissen Stellen verteilt sind, die also, so weit sie Veränderungen unterworfen sind, unterhalb 3000 m ihren Sitz haben müssen. Die Vorstellung, die wir uns hiernach von dem Wesen der irdischen Elektrizität zu bilden haben, stimmt noch immer wesentlich mit der von William Thomson überein. Danach ist die feste Erdoberfläche der Sitz einer grofsen negativen Elektrizitätsmenge und bildet mit der Atmosphäre, welche positive Elektrizität enthält, einen Kondensator. Der Sitz dieser letztgenannten Energien befindet sich vorzugsweise in den tiefsten Luft-

[1]) Elihu Thomson in einem Vortrage vor dem Franklin-Institute.

[2]) H. u. E. Bd. IV S. 256 ff., Bd. V S. 189 ff., Elster und Geitel in Sitz.-Ber. der Königl. Akademie d. Wissenschaften in Wien. Math.-nat. Cl., Bd. 104 Abt. IIa Jänner 1895.

[3]) H. u. E. Bd. VI S. 542 ff.

schichten. Aus den Ballonbeobachtungen geht hervor, dafs die Spannungen oberhalb des Niveaus von 3000 m noch immer etwas zunehmen, was nur auf zwei Weisen erklärt werden kann, indem entweder ein Überschufs negativer Erdelektrizität über positive Luftelektrizität vorhanden ist, und dann wäre die Erde als Ganzes ein negativ geladener Körper, oder — falls sie als indifferent angesehen wird — indem konstante positive Massen noch oberhalb des Sonnblickniveaus sich befinden. Da im Tieflande die Luftelektrizität erfahrungsgemäfs gewaltigen Schwankungen im Laufe des Tages und des Jahres unterliegt, so wird man auf einen Ausgleich zwischen der negativen Boden-Elektrizität und der positiven der untersten Luftschichten schliefsen und als wahrscheinliche Ursache derselben an die Thatsache denken müssen, dafs die Sonnenstrahlen, insbesondere die ultravioletten, den negativ elektrisierten Körper ihres Belages zu berauben im stande sind.[4]) Dies war die Arrheniussche Vermutung: es findet ein Abströmen der negativen Elektrizität vom Erdboden in die Luft infolge der Sonnenstrahlung statt.

Andererseits ergiebt sich trotz der Schwankungen für den einzelnen Beobachtungsort ein ziemlich konstantes Jahresmittel der atmosphärischen Elektrizität, was F. Exner durch die Annahme erklärt hat, dafs sich auch freie negative Elektrizitätsmengen in der Luft befinden, die dem Erdboden entstammen und ihm durch die Niederschläge immer wieder zugeführt werden sollen. G. Schwalbe hat freilich experimentell erwiesen, dafs die Verdampfung keineswegs bei der Konvektion der Elektrizität beteiligt sein könne, wohl aber die Verstäubung.[5])

Dafs die Sonnenstrahlen auf die elektrischen Vorgänge unseres Planeten von bedeutendem Einflusse sind, geht bekanntlich auch aus dem innigen Zusammenhange hervor, in welchem die Häufigkeit der Polarlichter mit derjenigen der Sonnenflecke steht. Natürlich sind alle Ansichten, welche über den innern Grund dieser Beziehungen aufgestellt werden können, als rein hypothetische anzusehen, weil sie abhängig sind von der Idee, die man sich über die Natur der Sonnenflecke bildet[6]), und vor allen Dingen die Einzelheiten der lichtelektrischen Vorgänge ganz ungewifs sind. Andererseits hat der Zu-

[4]) Dafs nicht auch positiv elektrisierte Körper in ähnlicher Weise vom Lichte beeinflufst werden, — wie E. Bromly behauptet hatte — zeigten Elster und Geitel. Wied. Ann. N. F. Bd. 57 S. 24 ff.

[5]) Nat. Rdsch. XI, No. 36.

[6]) z. B. P. de Heen in Ciel et terre 1896 August.

sammenhang, in welchem die erdmagnetischen Erscheinungen mit den Sonnenflecken und den Polarlichtern stehen, zu vielen Vermutungen geführt, die, solange ihnen die experimentelle Begründung mangelt, wenig Vertrauen verdienen. So meint P. de Heen, dafs sehr wohl das Innere des Erdballs — wie es die ursprüngliche Auffassung war — einen wahren und echten Magneten bilde, denn es sei durchaus nicht nötig, dafs der Erdkern sich in geschmolzenem Zustande befinde; bei dem gewaltigen Druck, unter dem er steht, könne er sich eine gewisse Starrheit bewahren, und damit auch das Eisen, welches sonst nahe bei 700° eine beträchtliche Erweichung erfährt und seine magnetischen Eigenschaften verliert, diese wohl behalten. Die Magnetisierung dieser mit dem Stahl vergleichbaren Zentralmasse hält Heen für das Ergebnis der Erdströme, die unsern Planeten seit seiner Bildung umkreist haben. Ähnlich hat Ad. Schmidt wenigstens einen Teil des Erdmagnetismus durch elektrische Ströme zu erklären versucht, die vertikal zwischen dem Erdball und der Luft verkehren. Kay und Whalley haben diese Ansicht experimentell untersucht, indem sie vier unabhängige Stromkreise (drei in Grofsbritannien und einen in Irland) festlegten. Sie kamen zu dem Ergebnifs, dafs dieser aufwärts gerichtete Strom, wenn er im vereinigten Königreich überhaupt vorhanden ist, sicherlich nicht mehr als ein Zehntel des Wertes haben könne, den Schmidts Theorie erfordert. Ähnliche in der Schweiz angestellte Beobachtungen lassen noch mehr Daten zur Entscheidung der Frage erhoffen.

Über die Polarlichter hat der Direktor des Kopenhagener meteorologischen Institute, A. Paulsen, die Ansicht ausgesprochen, dafs dieselben Folgen der Phosphorescenz der Luft in den hohen Schichten der Lufthülle seien,[7] wie sie durch Kathodenstrahlen erzeugt werden. Diese neuerdings so sehr in den Vordergrund der experimentellen Untersuchungen gerückte Strahlengattung, welche in den Hittorfschen Röhren auftritt, wird — wie Birkeland[8]) nachgewiesen hat — in einem starken magnetischen Felde beträchtlich in der Richtung der Kraftlinien abgelenkt, und die Strahlen können sogar auf der Oberfläche des Glases derart konzentriert werden, dafs sie dessen Schmelzung herbeiführen. Ferner machten es die Versuche von Birkeland evident, dafs Strahlen, die von derselben Kathode ausgehen, in Gruppen zerfallen, deren physikalische Konstanten durch irgend ein bestimmtes Gesetz verbunden sind, ähnlich wie die

[7]) Ciel et terre, 16. Jahrgang S. 197 ff.

[8]) Ciel et terre. 1896 Mai 16. S. 162 nach dem Vorgange anderer.

Schwingungszahlen des Grundtones und der Obertöne einer schwingenden Saite. Nimmt man die Paulsensche Ansicht über die Polarlichter als richtig an, so kann auch Birkeland Recht haben, wenn er die Phosphorescenz auf Rechnung des Erdmagnetismus stellt, der in der Nachbarschaft der Erdpole besonders intensiv wird. Sm.

Einige moderne biologische Stationen.

Nachdem die grundlegenden Ergebnisse auf einem wissenschaftlichen Gebiete, wie gewöhnlich, durch die eindringende Einzelarbeit begabter und fleifsiger Forscher gewonnen sind, wird für die folgende mehr systematische Bebauung des Gebietes die Mitarbeit vieler zusammenschliefsender Kräfte nötig, denen das Material in reichlichem Mafse und fortwährend zur Verfügung stehen mufs, um ausreichend begründete Resultate in nicht zu langer Zeit heranreifen zu lassen. Insbesondere sind zur Förderung des durch Darwin, Häckel, Huxley u. a. so mächtig angeregten zoologischen Studiums seit 25 Jahren, als Dohrn zuerst seine zoologische Station in Neapel gründete, die mit Unterstützung verschiedener Staaten der rastlosen Thätigkeit zahlreicher Forscher gedient hat, eine Reihe von zoologischen Meeresstationen entstanden, welche aufzuzählen zu weit führen würde. Kein Kulturstaat ist unbeteiligt an diesen wissenschaftlichen Gründungen, kein Meer bleibt unberücksichtigt, alle müssen sie ihre tierischen Bewohner in die Aquarien der verschiedenen Institute zur ferneren Beobachtung liefern. War so der Erforschung der ozeanischen Fauna ein unbegrenztes Beobachtungsfeld geöffnet, so war diejenige der Binnengewässer freilich ein wenig dahinter zurückgeblieben. Zuerst hat Baron Dertscheni in Böhmen die Anregung und die Mittel zu einer Untersuchung der böhmischen Binnenseen geliefert. Ihm folgte Dr. Zacharias, der im Plöner See Holsteins die erste deutsche Binnensee-Station anlegte. Die Forschungsberichte, die er herausgiebt, zeigen, zu wie interessanten Resultaten man selbst mit nicht allzu bedeutenden Hilfsmitteln gelangen kann. Das Plankton, d. h. die Gesamtmasse der lebenden Wesen, die an der Oberfläche des Meeres den Strömungen desselben ohne Widerstand folgen, ist durch verschiedene reichlich ausgestattete Expeditionen in vielen Meeresteilen genügend erforscht worden. Entsprechend lassen sich auch in Binnenseen die Bewegungen, die im Laufe der Jahreszeiten und der Jahre wechselnde Beschaffenheit und die sich stets ändernde Menge der in

Binnengewässern herumschwimmenden Organismen verfolgen, und zwar im Vergleich mit den ozeanischen Erscheinungen mit solcher Leichtigkeit und Vollständigkeit, dafs man mit Genugthuung auf die schnelle Ausreifung der wertvollen Resultate der Plöner Station blicken kann.

Der Zweck dieses Berichtes ist es aber, auf einige andere, in spezielleren Richtungen der Forschung sich bewegende Institute hinzuweisen. Dem stetigen Auswachsen der Wissenschaft entspricht ja stets Teilung der Arbeit und Differentiierung der Institute, welche der Forschung dienen.

So gründete die Indiana-Universität (Bloomington in Nord-Amerika) an einem der Seen des nördlichen Indiana eine biologische Station, die sich hauptsächlich mit der Erforschung des Variierens der Arten beschäftigen soll. Ein kleiner See stellt eine engbegrenzte, wohlumschriebene Örtlichkeit dar, innerhalb deren die Einflüsse der Umgebung nicht zu Verschiedenheiten in der Form, der Farbe und anderer Eigentümlichkeiten der Tiere führen können. Man will nun im einzelnen bei den sefshaften Wirbeltieren den Betrag des Variierens, die Art — ob kontinuierlich oder sprungweise erfolgend — und die Richtung erforschen. Auf der so gewonnenen Basis hofft man auch, für das Studium derselben Spezies in ihrer gesamten Verbreitung zu wertvollen Schlüssen zu gelangen. Freilich ist zu befürchten, dafs diese etwas voreilig sein werden, wenn man das Studium nicht über sehr lange Zeiträume ausdehnt, sondern blofs die jährliche oder eine andere periodische Abänderung konstatieren will. Durch Vergleichung dieser Variation bei denselben Tieren in anderen ähnlich begrenzten Gebieten und durch Aufsuchen der gegenseitigen Beziehung der Variation einer Anzahl von Arten in diesen Gebieten hofft man ferner, den Einflufs von Änderungen der Umgebung beweisen und so einen Ersatz für teure Experimentalforschungen liefern zu können. Ferner soll das Programm nicht nur die entwickelten Formen umfassen, sondern auch das Variieren während der Entwicklung selbst, z. B. beim Segmentieren, die Häufigkeit einer derartigen Variation und ihre Beziehung in der Entwicklung zur Variation beim erwachsenen Tiere und nicht zum wenigsten schliefslich die mechanischen Ursachen, welche das Variieren beeinflussen, mit hineinziehen. Wiewohl wir wissen, dafs bei den Haustieren ähnlich geführte Untersuchungen sehr wertvolle Ergebnisse geliefert haben, die ja z. B. einen Darwin bei der Abfassung seiner Hauptwerke so wesentlich unterstützt haben, stehen wir dem neuen Plane, der sich

auf nicht domestizierte Tiere bezieht, doch recht skeptisch gegenüber. Nur bei einer grofsen Fülle von Material wird in langem Zeitraum unter sorgfältigster Erwägung aller unabhängigen Faktoren ein Ergebnis von Wert zu erwarten sein.

Einen wesentlich verschiedenen Plan verfolgt die zoologische Station, welche in der südrussischen Steppe gegründet werden soll. Ein Teil dieser soll nach Prof. Dokutschajews Vorschlag isoliert und für immer im jetzigen, jungfräulichen Zustande erhalten werden, denn nur so wird sich ein lebendiges Beispiel der Fauna und Flora der Steppe erhalten lassen, das man auch in späteren Zeitaltern noch vor Augen haben wird. Hier auf der isolierten Steppeninsel soll eine internationale Station zum Studium der Steppennatur angelegt werden. Ein Teil des Planes ist bereits verwirklicht, indem etwa 22 ha einer unberührten, noch niemals gepflügten Steppe und ein kleines Haus den Beobachtern zur Verfügung stehen. Die nächste Ortschaft ist 8 km davon entfernt. Es wird aber beabsichtigt, das Forschungsgebiet und die Station selbst künftighin allmählich zu erweitern. Hier wird also abseits von den Spuren des menschlichen Verkehrs der Einflufs der eigentümlichen Bedingungen, welche die „Lebensgemeinschaft der Steppe“ schufen, über die seit A. v. Humboldt so viele Gelehrte interessante Ergebnisse zu Tage gefördert haben, ungestört studiert werden können.

Endlich erwähnen wir ein Institut, das etwas aufserhalb des Rahmens der bisher erwähnten stehend an praktischer Wichtigkeit sie jedenfalls bedeutend übertrifft, nämlich die experimentelle Station des Instituts Pasteur, wie der offizielle Titel heifst. Das Pasteursche Institut hat bekanntlich die bakteriologische Forschung in ihrer ganzen Ausdehnung zum Ziele; die neue Abteilung soll Verteidigungsmittel gegen schädliche Insekten studieren. Sie lehnt sich damit so recht eigentlich an des grofsen französischen Gelehrten erste Arbeit auf dem Gebiete pathogener Pilze an. Er war es, der, um die Ursache der Seidenraupenkrankheit (Muskardine) zu studieren, vor 27 Jahren von der Regierung nach Südfrankreich geschickt wurde und gleich am Tage seiner Ankunft so glücklich war, den spezifischen Krankheitserreger in einer Art Traubenschimmel aufzufinden. Die der neuen Abteilung zufallenden Arbeiten sind: 1. die Sammlung und Pflege aller pathogenen Mikrobien, d. h. der kleinen Lebewesen, welche Krankheiten der Insekten und anderer die Ernte zerstörende Tiere hervorrufen, 2. die Erforschung der Verhältnisse der Entwicklung dieser Mikrobien in Tieren und auf anderem Boden, 3. die Anstellung von

Versuchen auf freiem Felde, 4. die Überwachung und Kontrole praktischer Anwendungen der Ergebnisse der Laboratoriumsarbeiten. Ein Beispiel ist der Maikäfertod (Botrytis tenella), welcher mit dem Muskardinepilz verwandt, und dessen Ansteckungskraft unbestreitbar erkannt worden ist. Es wird sich darum handeln, ob es im Institut Pasteur gelingt, die Bedingungen festzustellen, unter denen man diesen Parasiten als erfolgreiches Mittel gegen die Engerlingsplage in Anwendung bringen kann. In Verbindung mit zwei anderen Pariser Instituten, dem Laboratorium für Parasitologie der Handelsbörse und der Station für Insektenkunde, ist die neue Abteilung berufen, der französischen Landwirtschaft unschätzbare Dienste zu leisten. Es sind Einrichtungen getroffen, die es erlauben, durch möglichst schnelle Publikation die theoretisch gewonnenen Resultate in die Praxis zu übertragen. Sm.

Ein Erfolg des Wetterschiefsens.

Bekanntlich gehört in das Gebiet des meteorologischen Volksglaubens auch die namentlich in den Alpen vertretene Ansicht, dafs man durch Schiefsen und Läuten die nahenden Wetter vertreiben könne. Vom wissenschaftlichen Standpunkte aus kann man freilich der Idee nicht leicht beistimmen, dafs der Schall solche Wirkungen hervorbringe. Vor etwa 8 Jahren machte aber Guillaume eine Mitteilung über die Zerstreuung von Nebel durch Schiefsen, die geeignet war, den Gegenstand erneter zu nehmen. Am 25. September 1888 behinderte nämlich ein starker Nebel in 850 m Höhe bei Plagne in der Schweiz die Ausführung einer Artillerieübung. Versuchsweise wurden von den Geschützen innerhalb 5 Minuten 16 Schüsse abgegeben; der Erfolg war, dafs der Nebel sich lichtete, und die Gegend bis auf 3 km Entfernung sichtbar wurde. Bei weiterem Schiefsen entstand feiner Regen, der den ganzen Tag währte. Gegen diese Beziehung der Wirkung von Schallwellen auf Nebel machte Borson den Einwurf, dafs bei der Belagerung von Belfort im Dezember 1870, wo tagelang dichter Nebel geherrscht habe, trotz der bisweilen einen ganzen Tag anhaltenden Kanonade von hundert Geschützen, keinerlei Einflufs des Schalles auf den Nebel zu verspüren gewesen sei. Guillaume bemerkte zu diesem Einwande, dafs vielleicht die Konstitution des Nebels für die Wirksamkeit des Schalles in Frage kommen könnte, und dafs in jenen Fällen der Erfolg des Schiefsens fraglich werde, wenn der Nebel aus

Eisnadeln bestände. — Nun erhält die meteorologische Zentralanstalt in Wien einen Bericht aus Untersteiermark, welcher sich auf Experimente mit Schiefsen in gröfserem Mafsstabe zur Vertreibung von Hagelwolken bezieht. Ein Weinbergbesitzer in Windisch-Feistritz, dessen ausgedehnte Weingärten sich längs des Schmitzberges hinziehen, erlitt sehr häufige Verluste in den Erträgen durch die Hagelwetter, welche das Gebiet fast alljährlich heimsuchen. Der Besitzer, der schon zu der kostspieligen Einrichtung, ein engmaschiges Netz von Eisendraht über die Anlagen zu spannen, hätte greifen müssen, beschlofs im vorigen Sommer, die Vertreibung der Wetter durch ein systematisch zu veranstaltendes Schiefsen zu versuchen. Er errichtete in einer Ausdehnung von etwa 2 km auf 6 hoch gelegenen Punkten 6 Holzhütten, in deren jeder 10 Stück schwere Böller (Mörser) aufbewahrt sind. In der Nähe jeder Station befindet sich aufserdem eine Hütte zur Verwahrung des Pulvers. Bei heranahenden Gewittern besorgt ein freiwillig organisiertes Korps der umwohnenden Winzer das Schiefsen; jede Hütte wird von 6 Mann bedient, so dafs mit den 60 Böllern und je einer Ladung von 120 gr Pulver ununterbrochen geschossen werden kann. Im Laufe des Sommers 1896 fand bei 6 Gewittern das Schiefsen statt. Der Erfolg war nach dem Berichte ein vollständiger: nach dem gleichzeitigen Beginn des Schiefsens kamen die drohenden Wolkenmassen allmählich zum Stillstand, die Wolken begannen wie in einem Trichter zu kreisen, führten immer weiter gehende Kurvenbewegungen aus, und das Wolkengebilde zerstreute sich schliefslich, ohne dafs es zum Fall von Hagel oder Platzregen kam. Die Wirkung soll sich über eine Quadratmeile erstreckt haben.

69. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Braunschweig am 20.—25. September 1897.

Im Anschlufs an die Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte wird in Braunschweig eine Ausstellung von wissenschaftlichen Objekten und Apparaten stattfinden. Von derselben sollen grundsätzlich schon bekannte und zur Zeit nicht besonders wichtige Dinge ausgeschlossen sein, so dafs neue und bedeutsame Erscheinungen überall zur Geltung kommen werden. Es wird davon abgesehen werden, allgemeine Einladungen zur Ausstellung ergehen zu lassen. Nur die neu begründete Abteilung für wissenschaftliche Photographie macht hiervon eine Ausnahme

und wird versuchen, ein möglichst vollständiges Bild der Anwendung der Photographie in allen Zweigen der Naturwissenschaft und der Medizin zur Darstellung zu bringen.

Aus den anderen Gruppen für chirurgische Instrumente, Gegenstände für Bacteriologie, Demonstrationsapparate, physikalische und chemische Instrumente u. s. w. nimmt die Geschäftsführung die Anmeldung neuer Objekte und Apparate bis spätestens 1. August d. J. entgegen. Da geeignete Räumlichkeiten frei zur Verfügung stehen, so würden den Ausstellern aufser den Kosten für Hin- und Rücktransport weitere Ausgaben nicht erwachsen. Die zur Ausstellung kommenden Gegenstände werden auf Kosten der Geschäftsführung gegen Feuersgefahr versichert werden.

Die zahlreichen Arbeits-Ausschüsse für die Versammlung sind bereits in voller Thätigkeit. Durch das Entgegenkommen der Staats- und städtischen Behörden wird es der Geschäftsführung ermöglicht, den Teilnehmern der Versammlung gediegene Festschriften in Aussicht zu stellen. — Der Mittwoch der Festwoche soll ausschliefslich der wissenschaftlichen Photographie gewidmet sein und sämtliche Abteilungen zu einer grofsen allgemeinen Sitzung vereinigen. — An abendlichen Vergnügungen sind eine Festvorstellung im Hoftheater, Ball, Commers und Festessen in Aussicht genommen. — Ausflüge sind bis jetzt nach Wolfenbüttel, Königslutter und Bad Harzburg geplant.

Bibliographisches

1. **E. Dreher: Die Grundlage der physischen Welt.** Berlin, Kritik-Verlag. 1896. Preis 0,50 Mk.
2. **F. Maack: Die Weisheit von der Weltkraft.** Eine Dynamosophie. Leipzig, Otto Weber. Preis 1 Mk.
3. **A. F. Barth: Unser Weltsystem.** Ein Beitrag zur Theorie des Weltgeschehens. Leipzig, Fock. 1896. Preis 1 Mk.
4. **J. G. Voigt: Das Wesen der Elektrizität und des Magnetismus auf Grund eines einheitlichen Substanzbegriffes.** Leipzig, Ernst Wiest Nachf. 1897. Preis 2,50 Mk.

Wer sich die oben genannten Schriften zum Gesamtpreise von 5 M. erwirbt, der hat eine Bibliothek zusammen, die ihm als Steuerruder durch die Fährlichkeiten aller modernen naturwissenschaftlichen Gebiete und durch den Ozean der Theorien dienen kann. Er wird nicht mehr im Zweifel sein, wie die Welt entstanden ist, wie die Substanz beschaffen ist und was eigentlich die Röntgenstrahlen sind. Wie anders malt sich in diesen Köpfen, welche mit Vorliebe sich die philosophischen nennen, die Welt! Wie schlecht ist es nach ihnen um die Wissenschaft bestellt, was für grobe Fehler haben die grofsen Forscher, die Galilei, Robert Mayer, Kepler gemacht! Wie herrlich einfach aber wird alles, wenn man nur ihre Ideen zu Grunde legt, die gewöhnlich nicht einmal als Hypothesen aufgestellt werden, sondern als die durchaus notwendigen und unumstöfslichen Grundlagen des Aufbaus aller Naturwissenschaften! Gewöhnlich stellen sie sich als selbständige experimentelle Forscher vor, die, wenn ihnen der Nachweis ihrer Theorien noch nicht geglückt ist, uns jedenfalls den schönen Trost lassen, dafs das sicher in Bälde in ihren resp. Laboratorien geschehen werde. So z. B. No. 2: Herr Maack ist Vorsitzender der philosophischen Gesellschaft zu Hamburg und Verfasser einer grofsen Anzahl von Schriften. Die vorliegende ist aus Vorträgen entstanden, die er vor seiner Gesellschaft gehalten hat. Den Anstofs zu seinen wichtigen Untersuchungen gab ihm die Lübecker Naturforscher-Versammlung, wo der Vortrag von Ostwald[1]) gehalten wurde, den auch No. 1, Herr Dreher, sich in seiner Weise zurechtlegt, ebenso wie die Entdeckung der Röntgenstrahlen. Diese sind nun — furchtbar einfach! — nichts anderes „als die langgesuchten materiellen Bedingungen für die psychischen Erscheinungen." (S. 40.) „Denn unsere Bewufstseins-Elemente sind ebenfalls gebunden an bestimmte Wellenlängen und Wellenarten, die wir psychische Wellen (Psychocyme) nennen, deren experimentell exakter Nachweis und deren Ausbreitung in Raum und Zeit zwischen zwei Gehirnen eine der gröfsten naturwissenschaftlichen Aufgaben der Zukunft sein wird." (S. 5) Wir hoffen, dafs diese „transcendentale Spektralanalyse", zu der Röntgen, freilich ohne es zu wollen, beigetragen hat und welche durch die von Narkiewicz-Jodko, Tormin u. a. angeblich photographierten Ausstrahlungen des menschlichen Körpers belegt wird, im Labo-

[1]) Vgl. H. u. E. IX. Bd. S. 46.

ratorium des Herrn Maack schöne Ergänzungen finden wird. Dann wird vielleicht auch einmal die einfachste Weltformel, welche es gieht — armseliger Laplace, wie viel komplizierter hast Du sie Dir doch gedacht! — nicht mehr lauten: „Plus und Minus und darüber hinaus ein nicht erkennbares X, welches die himmlischen Gegensätze versöhnt" (S. 7), sondern dieses X wird klar erkannt und in Rechnung gestellt werden können. No. 1, Dozent Dreher, hält es gar sehr mit dem mifsgestalteten Zwitterkinde der Natur und des Geistes, dem Zweifel. Für ihn ist nichts so klar, als dafs Galilei mit seinem Trägheitsgesetze, das heute die Grundlage der Physik bildet, uns eine Irrlehre geschaffen habe — die Inquisition hatte also vielleicht nicht so Unrecht? Nämlich, sagt Herr Dreher, der Widerstand, den ein Körper einer ihn treibenden Energie entgegensetzt, ist eine beständige, gleichförmige Kraftquelle, kraft deren die Geschwindigkeit eines im leeren Raume bewegten Körpers fortwährend abnehmen mufs. In seinen hieraus folgenden Widersprüchen gegen das Gesetz von der Erhaltung der Kraft kämpft er in einer Linie mit No. 3. Denn der genannte Widerstand ist ohen selbst eine Kraftquelle, die unter 180° der treibenden Kraft entgegenwirkt. Natürlich sind alle auf Mayers Entdeckung fufsenden Forschungen unsinnig, denn sie übersehen ja sämtlich die fortwährend wirksamen Kraftquellen, die in der Natur der Materie begründet sind. Bei No. 3, der jene Theorie als etwas Naives ansieht (S. 54), folgt schon daraus die Unrichtigkeit derselben, „dafs es einem Weltenschöpfer ein schlechtes Kompliment machen hiefse, insofern die ganze grofse, unserer Fassungskraft entrückte Schöpfung an einem „Formfehler" zu grunde ginge" — weil nämlich nach jenem Gesetze die Temperaturgegensätze sich allmählich ausgleichen. Was No. 3 über die Keplerschen Gesetze, die Anwendungen des Dopplerschen Prinzipes und andere Errungenschaften der Forschung sagt, das ist alles verworren, ohne jede Klarheit der Anschauung und des Denkens. Doch kehren wir zur 1. Abhandlung zurück. Alle jene schiefen Schlüsse, welche die Naturforscher bis jetzt gezogen haben, entspringen dem falschen Substanzbegriff. Aber auch Ostwald, der ihn ganz beseitigen und alle Erscheinungen aus dem Energieumsatz erklären will, hat Unrecht — so meint No. 1. Man kann ja über die Endergebnisse des Ostwaldschen Vortrages streiten, und erst die Zukunft mufs ergeben, ob die Idee des Energieumsatzes sich als fruchtbare Quelle neuer wissenschaftlicher Thatsachen erweisen wird; der Ausgangspunkt Ostwalds ist aber doch — wie wir meinen — unbestreitbar. Was wir von der Materie wissen, das ist nur die Wirkung einer Reihe von Energien, die wir alle auf sie als Sitz oder Ursache zurückführen. Und ihre Elemente, die Atome, haben keine andere Realität, als dafs auch sie die Angriffspunkte einer Summe von Kräften sind, deren Gesamtheit eben auf uns als „Körper" wirkt. Die Kräfte andererseits sind eingeführt, um uns die Aussprache gewisser Naturgesetze zu erleichtern Wir fassen unter ihrem Namen eine ganze Summe von Naturerscheinungen zusammen —, was jeder Schüler im Unterrichte leicht begreift. Selbst die Kräfte sind nur Hypothesierungen, eingeführt in die Ökonomie des Denkens, um uns die Aussprache der Naturgesetze zu erleichtern. Im ganzen, das müssen wir allerdings bekennen, hat sich der Dualismus von Kraft und Materie bisher für das Aussprechen von Gesetzen als recht fruchtbar erwiesen; aber als wesentlich können wir ihn nicht ansehen. Dagegen ist der Begriff einer Substanz nach Herrn Dreher, welche Kraft aus sich selbst erzeugen und damit den Vorrat an lebendiger Kraft fortwährend vermehren soll, so verfehlt, wie die, „dafs auch der Wille vorhandene physische Kräfte oder deren Wirksamkeit richtet", also auch aus der Seele, der Welt des Geistes, der Vorrat an Energie dauernd verändert wird.

Und nun kommt noch No. 4, Herr J. G. Voigt, Verfasser einer Reihe philosophischer und naturphilosophischer Schriften, z. B.: Die Menschwerdung, Die Kontraktionsenergie als letztursächliche Wirkungsform des Weltsubstrats. „Die neuere Naturanschauung hat behauptet, die sogenannten Naturkräfte: Schwere, Licht u. s. w. sind nur die verschiedenen Äufserungen ein und derselben Urkraft, der Bewegung." Voigt aber „stellt einen neuen Substanzbegriff auf, ersetzt das Prinzip der Bewegung durch dasjenige der Verdichtung und eröffnet damit eine Bahn, auf der die widerspruchsfreie Erklärung aller physikalischen Naturerscheinungen in der überraschendsten Weise erzielt wird." Schliefslich mufs doch der Weltäther, der Helfer aus aller Not, wie auch bei No. 1, beispringen, und durch die Erzeugung aktiven Äthers können alle Dinge und noch ein paar mehr erklärt werden. Das Buch ist ein populärer Auszug aus dem II. Bande eines demnächst erscheinenden Werkes. Sm.

W. Trabert: Meteorologie. Leipzig, G. J. Göschen. 1896. 8°. Lwbd. 149 S. Preis 1 Mk.

Wenn wir den Zweck der Göschenschen Sammlung, insbesondere der naturwissenschaftlichen Reihe derselben, richtig auffassen, so soll sie in knapper Form ein möglichst vollständiges Bild vom gegenwärtigen Stande der behandelten Wissenschaften bieten. Dabei wird freilich schon des knappen Raumes und der Vollständigkeit halber auf jenes höchste Mafs von Popularität verzichtet werden müssen, welches etwa die bekannten englischen Primers auszeichnet, die deutsch bei Trübner in Strafsburg erschienen sind. Wie schon ein Blick auf das sorgfältige Register des vorliegenden kleinen Buches erkennen läfst, erfüllt es die oben gestellten Forderungen aufs beste. Es widmet allen Teilen der Meteorologie die gleiche Sorgfalt, vergifst nicht die atmosphärische Optik, noch die in dem letzten Jahrzehnt mit Bolometer und Aktinometer so genau studierten Strahlungsvorgänge, noch die von Exner, Elster und Geitel aufgefundenen interessanten Gesetze der Luftelektrizität, noch endlich die verschiedenen wichtigen Rollen, welche dem Staube als klimatischen und wetterbildenden Faktor zufallen. Wenn wir vor allem über die Dynamik der Atmosphäre informiert werden und uns dabei die neuesten Thatsachen der Beobachtungen und Theorien vor die Augen geführt werden, so ist doch noch soviel interessantes Beiwerk hinzugefügt, dafs man staunen mufs, wie alles in so engem Rahmen sich vereinigen lassen konnte. Wir vermissen kaum eine der vielen wichtigen Thatsachen, um welche der Fleifs der Forscher fortwährend das Gebiet der meteorologischen Wissenschaft erweitert. Dafs Helium ein Bestandteil der Luft ist und die Cirri vielleicht alle aus Schneeflocken, nicht aus Eisnadeln bestehen, das sind wohl erst nach dem Erscheinen des Buches gemachte Beobachtungen. Wir können das Büchlein zur eingehenden Lektüre wie zum Nachschlagen angelegentlichst empfehlen. Sm.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.

Himmel und Erde.

Flüssige Luft und tiefe Temperaturen.*)

Von Dr. P. Spies in Berlin.

Die Bedingungen, von welchen das Gedeihen menschlicher Kultur, ja nur die blofse Existenz des Menschen abhängt, sind ungemein verwickelt, fast möchte man sagen, sie sind schwer zu verwirklichen. Eine unendliche Mannigfaltigkeit von Gesetzen, welche die Welt beherrschen, von Verhältnissen, die auf der Erde obwalten könnten, läfst sich denken, aber in ziemlich engen Grenzen bewegt sich das, was wirklich sein darf, wenn es Menschen, wenn es überhaupt lebende Wesen geben soll. Man nehme aus der Reihe der uns hauptsächlich umgebenden Elemente eins fort oder verleihe ihm andere Eigenschaften, so hat das Menschengeschlecht aufgehört zu existieren, oder um lieber von Veränderungen zu sprechen, die in engerem Sinne des Wortes möglich sind und die entweder wirklich waren oder es sein werden, man gebe der Temperatur der Erde in Gedanken einen beliebigen Wert zwischen der nach Tausenden von Graden zählenden ihrer Mutter, der Sonne, und dem absoluten Nullpunkte. Nur wenige Grade mehr oder weniger, als wir zur Zeit haben, und das Leben auf der Erde ist total verändert, — nur etwa 13 Grad Differenz weist das Jahresmittel von Palermo und von Moskau auf — und noch einige Zehner von Graden nach oben oder nach unten, so wird keine Not den Menschen erfinderisch genug machen, dafs er sein Leben fristen könnte.

In dem beschränkten Rahmen physikalischer oder technischer Einrichtungen führen wir freilich solche Verhältnisse künstlich gern herbei, und besonders des Feuers, welches die Temperatur um viele

*) Bearbeitet nach zwei in der Urania vom Verf. gehaltenen Experimentalvorträgen.

Hunderte von Graden über das gewöhnliche Niveau zu heben vermag, bedient sich der Mensch seit alten Zeiten zu den mannigfachsten praktischen und späterhin auch wissenschaftlichen Zwecken. Gänzlich vernachlässigt ist im Vergleich hierzu das Gebiet tiefer Temperaturen, welches freilich unverhältnismäfsig viel schwerer zu erzielen ist als das der hohen. Selbst wenn wir auf die Anwendung der Elektrizität, welche uns hohe Temperaturen so bequem zu erreichen gestattet, gänzlich verzichten, ist es viel leichter, einen Körper auf 2000 Grad zu erhitzen, als ihn auf 200 Grad unter Null abzukühlen. Versuchen wir im folgenden die Schwierigkeiten kurz zu schildern, auf welche man hierbei stöfst, andererseits aber auch die Erfolge, welche man durch die Überwindung derselben erreicht hat.

Die Frage nach der Erzielung tiefer Temperaturen hängt auf das innigste mit der Aufgabe der Verflüssigung der Luft zusammen. Die flüssige Luft hat unter gewöhnlichen Umständen eine Temperatur von — 191°. Bringt man sie durch Herstellung eines luftverdünnten Raumes über ihrer Oberfläche zu lebhaftem Verdunsten, so kommt man auf ca. — 220°, so dafs die Anwendung flüssiger Luft uns das ganze Gebiet bis zu solchen Temperaturen hinab zu beherrschen gestattet. Umgekehrt kann man selbstverständlich die Aufgabe, die Luft oder andere Gase zu verflüssigen, mit Hilfe starker Temperaturerniedrigung angreifen; bei — 191° wird eben die Luft ohne weiteres flüssig. Sollte sich unser Erdkörper im Laufe der Zeit jemals bis unter diese Temperatur abkühlen, so würde es anfangen Luft zu regnen, und bei —220° würde der gröfste Teil des Sauerstoffes unserer Atmosphäre flüssig, der Stickstoff zum Teil sogar fest geworden sein. Nur ungefähr $^1/_{76}$ der Luft würde in luftförmigem Zustande bleiben. Das übrige würde, wenn wir einmal von den Unebenheiten der Erdoberfläche absehen, die ganze Erde mit einer Schicht von etwa zehn Meter Höhe bedecken.[1])

Die Frage, was denn nun bei dem gegenseitigen Bedingtsein tiefer Temperatur und flüssigen Zustandes der Luft in der Praxis als Mittel, was als Zweck anzusehen ist, beantwortet sich dahin, dafs man zum Zweck der Verflüssigung der Luft diese auf den nötigen Grad abkühlt; wenigstens ist dies bei dem Verfahren von Linde, welches voraussichtlich die alten Methoden vollständig verdrängen wird, ausschliefslich der Fall. Zur Anstellung sonstiger Experimente

[1]) Diese Behauptungen ergeben sich aus folgenden Daten: Der Stickstoff gefriert nach Olszewski bei — 214°; bei — 220° beträgt der Gasdruck über flüssiger Luft ca. 10 mm; flüssige Luft ist ungefähr ebenso schwer wie Wasser.

bei tiefen Temperaturen dient dann die flüssige Luft als bequemes Hilfsmittel.

Die frühesten Versuche, die Luft zu verflüssigen, wie sie in gröfserem Mafsstabe von Natterer angestellt worden sind, suchten auf einem anderen Wege, nämlich durch Kompression der Luft das angestrebte Ziel zu erreichen. Bei dem in der Hauptsache von Pictet ausgearbeiteten Verfahren, welches bekanntlich gleichzeitig mit dem Cailletetschen im Jahre 1877 veröffentlicht wurde und zuerst gröfsere Quantitäten flüssiger Luft zu erzielen gestattete, wirken Druck und Abkühlung gleichzeitig; bei dem Cailletetschen sowohl, wie bei dem Lindeschen Verfahren wirkt der Druck nur indirekt, insofern er die Abkühlung herbeizuführen hat, die dann schliefslich allein den gewünschten Effekt hervorbringt. Auf die älteren Methoden sei nur kurz eingegangen.

Die blofse Anwendung starken Druckes — von mehreren hundert Atmosphären — genügt bekanntlich nicht, weil es für jedes Gas eine gewisse Grenze — die kritische Temperatur — giebt, oberhalb deren es im flüssigen Zustand überhaupt nicht existiert. Man mufs, wenn man Aussicht auf Erfolg haben will, jedenfalls unterhalb dieser Temperatur arbeiten, und das bedeutet eben bei atmosphärischer Luft eine sehr starke Temperaturerniedrigung. Die folgende Tabelle mag eine Übersicht einiger neueren Forschungsergebnisse auf diesem Gebiete geben:

	Krit. Temperatur	Krit. Druck in Atmosph.	Siedepunkt bei atmosph. Druck
Sauerstoff	— 118,8°	50,8	— 182,7°
Kohlensäure	+ 31	73	— 79
Argon	— 121,0	50,6	— 186,9
Stickstoff	— 146	35	— 194,4
Wasserstoff	— 234,5	20 ?	— 240
Helium			unter — 264

Argon und Helium sind die beiden neu entdeckten Gase, über welche bereits in unserer Zeitschrift berichtet worden ist. Die Bedeutung der in der Tabelle angeführten Daten ist wohl ohne weiteres klar. Es ergiebt sich z. B. aus ihr, dafs man zwar flüssige Kohlensäure in den Handel bringen kann, da, wenigstens in unseren Gegenden, die Temperatur nicht über 31° steigt, dieses aber beim Sauerstoff nicht möglich ist; derselbe mufs schon eine Temperatur von 118,8° unter Null haben und bei dieser Temperatur einem Druck von 50,8 Atmosphären ausgesetzt werden, wenn er flüssig sein soll. Die angeführten

Zahlen sind experimentell festgestellt, bis auf die für das Helium angeführte. Olszewski, welcher das Gas bei einer Temperatur von ca. — 220° einem Drucke von 140 Atmosphären unterwarf und diesen Druck dann plötzlich verminderte, ist es nicht gelungen, eine Verflüssigung oder auch nur eine Andeutung einer solchen zu erzielen. Die Zahl, welche als obere Grenze für den Siedepunkt des Heliums angegeben worden ist, konnte demnach aus den Experimenten nur unter gewissen Voraussetzungen berechnet werden.

Kommen wir auf die Hauptfrage zurück: Wie erreicht man eine Abkühlung des zu verdichtenden Gases unter seine in vielen Fällen sehr tief liegende kritische Temperatur? Pictet, dessen Versuche in dieser Zeitschrift bereits früher einmal ausführlich besprochen worden sind, wendet zu diesem Zweck das „Stufenverfahren" an; er nimmt nicht ohne weiteres die schwer zu verflüssigenden Gase, wie die Luft, in Angriff, sondern zunächst die Kohlensäure oder ein Gemisch aus Kohlensäure und schwefliger Säure (liquide Pictet). Bei gewöhnlicher Temperatur gelingt die Verflüssigung unter Anwendung eines geeigneten Druckes. Befreit man nun das kondensierte Gas plötzlich von diesem Druck, so verdunstet es sehr lebhaft, und hierbei tritt, wie in allen Fällen, in denen eine heftige Verdampfung ohne Wärmezufuhr stattfindet, eine starke Abkühlung ein. Bei Kohlensäure, welche man aus einer der bekannten Flaschen frei in die Atmosphäre ausströmen läfst, beträgt die erreichte Temperatur ca. — 80°, und es ergiebt sich dabei der eigentümliche Effekt, dafs ein Teil der Kohlensäure erstarrt, eine Thatsache, von welcher man nicht nur bei Demonstration von Kälteexperimenten vielfach Gebrauch macht — man kann z. B. das Gefrieren von Quecksilber auf diese Weise zeigen —, sondern welche auch für wissenschaftliche Untersuchungen bei tiefen Temperaturen ein sehr bequemes Hilfsmittel an die Hand giebt. Will man nicht statt der Kohlensäure die Pictetsche Flüssigkeit benutzen, so hat man für die weitere Behandlung unserer Aufgabe nur einen gewissen Druck, etwa 4—5 Atmosphären, auf der durch die starke Kompression gebildeten Flüssigkeit zu belassen; sie kühlt sich dann bei der Entlastung und teilweisen Verdunstung nicht bis zum Gefrieren ab, sondern der nicht verdunstende Teil bleibt flüssig, kann also im Innern eines Röhrensystems in Zirkulation erhalten werden. Die erzielte Abkühlung bis auf ca. — 50° ist immerhin grofs genug, um die Verflüssigung eines anderen, schwerer kondensierbaren Gases, etwa des Äthylens zu gestatten, vorausgesetzt, dafs man gleichzeitig einen geeigneten Druck wirken läfst. Nun läfst man dieses wiederum aus-

strömen und nimmt Sauerstoff in Angriff u. s. w. Die Figur 1 zeigt wohl am deutlichsten, wie bei den verschiedenen Stoffen jedesmal der durch Verdunsten abgekühlte Körper benutzt wird, um beim Durchströmen eines Gefäfses, in dessen Innerem sich der Behälter mit dem folgenden Körper befindet, diesen abzukühlen. Es liegt nahe und ist auch in der Figur durchgeführt, dafs man, um nichts verloren gehen zu lassen, die verdunsteten Gase wieder zu der Luftpumpe zurück leitet, welche die Kompression besorgt, sodafs also jedes einzelne Gas einen Kreislauf beschreibt. Es läfst sich denken, dafs ein Apparat, welcher in seiner schematischen Darstellung immerhin kom-

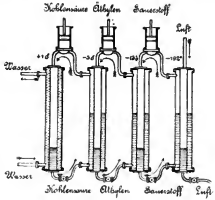


Fig. 1.

pliziert erscheint, dieses in Wirklichkeit in viel höherem Grade sein wird, und in der That ist eine derartige Maschine nichts weniger als einfach. Um die Apparate gegen eine zu grofse Wärmezufuhr von aufsen zu schützen, ist zweierlei nötig. Einmal umgiebt man alle kalten Teile mit Wolle oder anderen schlecht leitenden Stoffen, und zweitens macht man die Apparate ziemlich grofs; grofse Körper haben ja eine verhältnismäfsig kleine Oberfläche, und deshalb sind bei ihnen die „Kälteverluste" verhältnismäfsig geringer. Die Experimente setzen dem entsprechend auch starke Luftpumpen, Kompressoren, welche mit mehreren Pferdekräften betrieben werden, voraus. Dasselbe gilt auch von dem Lindeschen Verfahren, obwohl dieses viel einfacher ist; denn es wird hier die Luft unmittelbar in Angriff genommen, und als abkühlender Körper dient nichts anderes als wiederum Luft.

Die Thatsache, auf welcher das Verfahren basiert, ist bereits von Cailletet zu demselben Zwecke benutzt worden, wobei freilich

zu bemerken ist, dafs die Lindesche Methode physikalisch und technisch weitgehende Unterschiede aufweist. Es handelt sich um die bekannte Erscheinung, dafs Luft bei der Ausdehnung eine Abkühlung erfährt. Die entsprechende Thatsache, dafs Luft, welche komprimiert wird, sich erhitzt, läfst sich durch die allereinfachsten Versuche zeigen, z. B. mit dem pneumatischen Feuerzeug, bei welchem man ein Stück Zunder dadurch zum Glimmen bringt, dafs man es an dem Ende eines kleinen Kolbens befestigt, mittels dessen man Luft in einem Cylinder komprimiert. Die Erklärung für das Auftreten der starken Wärmeentwickelung ergiebt sich nach dem Gesetz der Erhaltung der Energie in der Weise, dafs die Wärme das Äquivalent für die beim Hineintreiben des Kolbens geleistete Arbeit ist. Wenn man nun umgekehrt komprimierter Luft gestattet, einen Kolben vorwärts zu treiben, so leistet sie hierbei Arbeit — man denke nur etwa an das komprimierte Gas, welches durch die Explosion eines Gemisches aus Leuchtgas und Luft in dem Cylinder eines Gasmotors entsteht — und das Äquivalent für diesen Energiegewinn besteht dann in einem entsprechenden Wärmeverlust des den Kolben treibenden Gases; mit anderen Worten, das letztere mufs sich abkühlen. Dasselbe gilt nun auch, wenn man komprimiertes Gas einfach durch einen Hahn ins Freie strömen läfst. Die Energie, welche gewonnen wird, hat die Form lebendiger Kraft, welche den mit grofser Geschwindigkeit fortfliegenden Gasteilchen innewohnt; da, wo diese Gasteilchen auf ein Hindernis treffen, mufs ebenso wie beim Auffliegen eines Geschosses Wärme erzeugt werden, und es erklärt sich so das folgende, in vielen physikalischen Büchern nur unvollkommen dargestellte Experiment von Clément und Desormes. Zwei Ballons, von denen der eine mit Luft gefüllt, der andere lufleer ist, stehen durch einen Hahn miteinander in Verbindung. Taucht man diese Kombination in ein Gefäfs mit Wasser und verteilt nun durch Öffnung des Hahns die Luft auf beide Ballons, so zeigt das Wasser weder eine Abkühlung noch eine Erwärmung. Die Luft in dem einen Ballon hat eine Ausdehnung erfahren, in dem zweiten haben dagegen die Gasteilchen an lebendiger Kraft verloren, und ferner hat hier in den späteren Stadien der Erscheinung eine Kompression stattgefunden. Die Folge ist auf der einen Seite eine Abkühlung, auf der anderen eine Erwärmung, und wenn diese beiden Wirkungen gleich grofs sind, so mufs insgesamt die Temperatur des umgebenden Wassers ungeändert bleiben.[2])

[2]) Die Begründung des Ausbleibens einer Temperaturänderung durch eine „Ausdehnung des Gases ohne Arbeitsleistung“ ist von einer leicht zu Mifsverständnissen führenden Kürze.

Dies ist nun nicht in aller Strenge der Fall, sondern es zeigte sich z. B. bei Versuchen von **Thomson** und **Joule**, dafs selbst, wenn man komprimierte Luft durch einen Wattepfropfen oder ein ähnliches Hindernis, welches die erzeugte lebendige Kraft vollständig aufzunehmen vermag, ausströmen läfst, doch eine gewisse Abkühlung eintritt. Dem entsprechend kann auch der obige Versuch von **Clément** und **Desormes** nicht ohne jede Temperaturerniedrigung verlaufen. Der Grund für diese Abkühlung ist noch nicht genügend aufgeklärt; es scheint eben, als würde bei der Ausdehnung eines Gases doch ein gewisser, wenn auch geringer Betrag innerer Arbeit geleistet. Die Gröfse dieser Abkühlung beträgt ungefähr $^1/_4{}^0$ C. für jede Atmosphäre, welche an Druck eingebüfst wird, woraus sich ohne weiteres ergiebt, dafs es sich nur um kleine, der Beobachtung leicht entgehende Temperaturänderungen handelt, wenn bei der Entlastung nur Bruchteile des Druckes einer Atmosphäre verloren gehen. **Linde** komprimiert Luft auf ca. 200 Atmosphären; bei der Entlastung tritt also eine Abkühlung von 50⁰ ein. Um auf den Verflüssigungspunkt der Luft zu kommen, würde offenbar eine Vorkühlung der Luft bis auf ca. — 140⁰ notwendig sein. Durch die eigentümliche Art und Weise dieser Vorkühlung unterscheidet sich das **Lindesche Verfahren** in charakteristischer Weise von allen bisherigen Methoden. Die Figur 2 giebt ein Schema des benutzten Apparates. K stellt den Kompressor dar, welcher durch das Rohr B Luft mit einem Druck von 200 Atmosphären vorwärts treibt. Diese tritt durch das innere Rohr des „Gegenstromapparates" G nach dem Ablafsventil V und wird hier vom Drucke entlastet, d. h. man läfst die Luft durch dies Ventil in einen Raum treten, in welchem nur wenig mehr als atmosphärischer Druck herrscht; hier tritt also die besprochene Abkühlung ein. Nunmehr läfst man die ausgedehnte und abgekühlte Luft durch ein weiteres Rohr emporsteigen, welches das Rohr mit abwärts strömender Luft umgiebt. Durch die metallische Trennungswand der beiden Rohre findet ein sehr vollkommener Wärmeausgleich statt, zumal dieses doppelte Rohr eine bedeutende Länge — bis zu hundert Metern — besitzt; an dem oberen Ende dieses Gegenstromapparates kommt demnach die aufsteigende Luft wieder ungefähr mit derselben Temperatur hinaus, wie sie hier die abwärts strömende Luft aufweist; diese letztere hingegen gelangt bereits

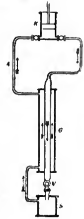


Fig. 2.

in kaltem Zustand zu dem Auslafshahn V. Kühlt sie sich hier um 50° ab, so wird offenbar eine tiefere Temperatur erreicht werden als zuerst; folglich ist der nunmehr aufsteigende Luftstrom zu einer stärkeren Vorkühlung fähig u. s. w. Wir haben zwischen dem absteigenden und aufsteigenden Luftstrom ein ähnliches Verhältnis, wie wir es etwa bei dem Strom und dem Magnetismus in einer Dynamomaschine kennen.

Eine Grenze für die beschriebene Wirkungsweise des Apparates ist dadurch gegeben, dafs bei fortschreitender Abkühlung eine immer gröfsere Wärmezufuhr aus der Umgebung stattfindet, die dann schliefslich der abkühlenden Wirkung gleich kommt. Liegt diese Grenze innerhalb des Verflüssigungspunktes der Luft, so wird schliefslich aus dem Ventil V ein Teil der Luft in flüssigem Zustand heraustreten und sich in dem Gefäfs S ansammeln. Ein in der Figur nicht gezeichneter Hahn gestattet dann ein zeitweises Ablassen der Flüssigkeit. Über einige Einzelheiten des Apparates vergleiche man die Fufsnote [3]).

[3]) Die Verwirklichung des im obigen angedeuteten einfachen Gegenstromprinzips bereitet naturgemäfs nicht geringe praktische Schwierigkeiten. Was zunächst den Kompressor angeht, so ist zu bemerken, dafs, sobald es sich um geringe Quantitäten komprimierten Gases handelt, die Konstruktion einer Pumpe leicht ist, weil man dann in der Regel eine Flüssigkeit etwa Wasser mit Hilfe der Pumpe in ein festes Gefäfs treibt und so aus diesem die Luft verdrängt. Will man aber, wie dies zur Erzielung gröfserer Quantitäten komprimierter Luft nötig ist, die Pumpe direkt auf die Luft wirken lassen, so ergeben sich Schwierigkeiten; z. B. werden die stark beanspruchten Abdichtungen des Kolben leicht zerstört, zumal dieselben wegen der Gefahr einer Entzündung — wie beim pneumatischen Feuerzeug — nicht eingefettet werden dürfen. In solchen Fällen hilft man sich mit „Wassereinspritzung“, d. h. es wird bei jedem Kolbenstofs neben der angesaugten Luft eine kleine Wasserquantität mit aufgenommen, welche sich bei schnellem Durchdringen durch die kleinen Ventilöffnungen in kleine Tröpfchen auflöst und das Innere des Kompressors feucht erhält. Gleichzeitig wird durch eine Verdampfung eines Teils dieser Tröpfchen die durch Kompression entstehende Wärme zum Teil gebunden. Im übrigen wird die komprimierte Luft mit Hilfe eines Schlangenrohres, welches in einem Bassin mit fliefsendem Wasser liegt, abgekühlt. Um sie von dem eingespritzten Wasser wieder zu befreien, leitet man sie in eine grofse, eiserne Flasche, an deren unterem Ende ein Ablafshahn für Wasser sitzt, während sich an dem oberen Ende der Ausgang für die Luft befindet. Diese Luft wird immerhin noch mit Wasserdampf gesättigt sein, welcher vor dem Eintritt in den eigentlichen Gegenstromapparat entfernt werden mufs. Diesem Zwecke dient eine grofse Kühlschlange, welche man in ein Gemisch aus Salz und Eis legt. Die Luft, welche dieses Rohr verläfst, hat eine Temperatur von ca. — 20°, enthält also nur äufserst wenig Wasserdampf. Nunmehr beginnt der eigentliche Gegenstromprozefs. Das lange, doppelte Rohr ist in Form einer Schraubenlinie gebogen, und die einzelnen Teile sind von einander durch Holzstücke oder ähnliches schlecht leitendes Material getrennt. Zum Schutz gegen Wärmezufuhr von aufsen ist das Ganze in einen Holzcylinder gebracht und mit Schafwolle gut verpackt. Über die

Betrachten wir nun das Produkt, die flüssige Luft, welche wir aus dem Gefäfs S in ein beliebiges Gefäfs, sagen wir in ein Becherglas fliefsen lassen. Die ersten Tröpfchen laufen lebhaft auf dem Boden des Gefäfses hin und her; sie zeigen, wie ein Wassertropfen auf einer heifsen Ofenplatte die bekannte Leidenfrostsche Erscheinung. Beim weiteren Nachfüllen flüssiger Luft wird das Verdampfen und Zischen auf einmal noch viel heftiger; jetzt erst ist eine wirkliche Berührung zwischen Flüssigkeit und Gefäfsboden eingetreten; nunmehr wird dieser aber auch schnell weiter abgekühlt bis auf die Temperatur der Flüssigkeit. Dann setzt sich die Verdampfung mit verminderter Heftigkeit fort, bis die Flüssigkeit vollständig verschwunden ist. Die Wände des Gefäfses haben sich unterdessen auf der Aufsenseite mit Reif überzogen, dem niedergeschlagenen Wasserdampf aus der atmosphärischen Luft.

Warum — das ist in der Regel die erste Frage, die man sich vorlegt — bleibt die Luft, auch wenn sie aus dem Apparate herausgekommen ist, flüssig? Dafs sie keine Veranlassung hat, sofort wieder luftförmig zu werden, liegt auf der Hand. Denn während, wie angegeben, mehr und mehr von der Flüssigkeit wieder luftförmig wird,

Wirkungsweise des Apparates sei noch folgendes bemerkt: Die Arbeit, welche man bei der Kompression eines Gases zu leisten hat, ist, wie sich aus dem Mariotteschen Gesetz ergiebt, von dem Verhältnis des Anfangs- und Enddruckes abhängig, ist also bei einer Zusammendrückung von einer auf 15 Atmosphären dieselbe, wie von 15 auf 225. Für die Abkühlung bei der Entlastung ist aber nach dem obigen die Differenz der Drucke mafsgebend, und diese ist im letzteren Falle viel gröfser. Man wird also, falls man die Luft einen Kreislauf zwischen 15 und 200 Atmosphären durchlaufen läfst, eine im Vergleich zur geleisteten Arbeit stärkere Abkühlung erzielen, also viel vorteilhafter arbeiten als zwischen einer und 200 Atmosphären. In Erwägung dieser Verhältnisse hat Linde einen neuen Apparat in der Weise konstruiert, dafs die Luft mit 15 bis 16 Atmosphären zum Kompressor zurückkehrt. Es wird dies durch die bei solchen Kompressoren übliche Konstruktion erleichtert; dieselben sind meistens zweistufig konstruiert, d. h. sie bilden eine doppelte Pumpe, deren eine Hälfte Luft aus der Atmosphäre aufnimmt und auf etwa 15 bis 16 Atmosphären komprimiert, während in einem zweiten Cylinder die Luft auf 200 Atmosphären zusammengeprefst wird. Man leitet nun, um obigen Zweck zu erreichen, die aus dem Gegenstromapparate zurückkehrende Luft in das Rohr hinein, welches die beiden Pumpencylinder mit einander verbindet. Da hiernach die Menge der Luft in dem Gegenstromapparat immer zunehmen würde, ist der letztere so eingerichtet, dafs er statt einer abwärts führenden Hochdruckleitung zwei Zweige enthält, welche sich unten wieder mit einander vereinigen; der eine dieser Zweige ist von einem weiteren Rohre umgeben, welches die mit 15 bis 16 Atmosphären Druck zurückkehrende Luft führt; das weitere Rohr, welches den zweiten Zweig umgiebt, führt ins Freie; doch wird dieses letztere Rohr nur soweit benutzt, als der Kompressor Luft im Überflufs angesaugt hat.

wird hierzu die von aufsen zugeführte Wärme verbraucht, oder, um wieder den obigen einfachen Ausdruck zu gebrauchen, es entsteht hierbei Verdunstungskälte, und eben deswegen bleibt nun das übrige kalt und folglich flüssig. Man könnte aber denken, dafs, wie bei der Kohlensäure, das plötzliche Verdampfen eine so starke Temperaturerniedrigung im Gefolge hätte, dafs ein Erstarren der Luft einträte. Das ist denkbar; aber in dieser Beziehung verhalten sich eben verschiedene Flüssigkeiten, welche wir in den von atmosphärischer Luft erfüllten Raum bringen, verschieden. So wie die Kohlensäure erstarrt auch das Acetylen, wenn wir es aus einer eisernen Flasche, in welcher es durch hohen Druck flüssig gemacht war, ausströmen lassen; es bildet einen Schnee, welcher sich, nebenbei bemerkt, anzünden läfst und dann mit der bekannten russigen Flamme des Acetylens brennt. Bei diesen beiden Körpern liegt der Gefrierpunkt höher als der Siedepunkt; z. B. hat die Kohlensäure ihren Erstarrungspunkt bei — 58°, während ihr Siedepunkt bei — 79° liegt. Könnten wir also ein offenes Gefäfs mit flüssiger Kohlensäure aufstellen, so würde sein Inhalt äufsert schnell verdampfen, bis er eine Temperatur von — 79° angenommen hätte; schon vorher würde aber ein Gefrieren eintreten. Es stellt dieses Verhalten der Kohlensäure und des Acetylens durchaus nicht etwas Abnormes dar, sondern alle Flüssigkeiten verhalten sich ebenso, wenn wir nur durch Änderung des über ihnen lastenden Druckes ihren Siedepunkt von seinem normalen Werte abweichen lassen. Wasser von 0° zeigt eine Dampfspannung von 4 mm; bringen wir also warmes Wasser unter die Luftpumpenglocke und entleeren diese bis auf den angegebenen Betrag, so verdunstet das Wasser so lebhaft, dafs es sich bis auf 0° abkühlt. Beträgt der Druck noch etwas weniger, was sich bekanntlich mit einer guten Luftpumpe stets erreichen läfst, so mufs das Wasser gefrieren; betrüge der Luftdruck in unserer Atmosphäre nur 3 mm statt 760, so gäbe es ebenso wenig in offenen Gefäfsen flüssiges Wasser, wie es jetzt flüssige Kohlensäure giebt. Hingegen könnte man es in einer verschlossenen Flasche aufbewahren, bei deren Öffnung sich dann sofort einerseits Wasserdampf, andererseits Schnee bilden würde; jetzt läge auch für das Wasser der Siedepunkt unterhalb des Gefrierpunktes. Die flüssige Luft wird also deshalb nicht fest, weil bei atmosphärischem Drucke der Siedepunkt höher liegt als der Gefrierpunkt; ersterer hat, wie erwähnt, den Wert — 191°, letzterer läfst sich nicht genau angeben, da die einzelnen Bestandteile der Luft nicht gleichzeitig gefrieren. Am leichtesten gefriert der Stickstoff, nämlich, wie bereits erwähnt, bei — 214°.

Die flüssige Luft hat, so wie wir sie aus dem Apparate beziehen, ein trübes, milchiges Aussehen. Es rührt dies von der in ihr enthaltenen festen Kohlensäure her, welche sich u. a. auch dadurch unangenehm bemerkbar macht, dafs sie an engen Durchlafsstellen des Gegenstromapparates leicht Verstopfungen herbeiführt. Aus der flüssigen Luft läfst sie sich durch Filtrieren leicht und vollständig entfernen, und man erhält auf diese äufsert einfache Weise klare, reine Luft; dieselbe sieht aus wie Wasser mit einem schwachen Anflug von Blau. Die Aufbewahrung der flüssigen Luft nimmt man zweckmäfsiger als in einem einfachen Becherglas in einer sogenannten Dewarschen Flasche (Fig. 3) vor. Die Flaschen sind, wie die Figur zeigt, doppelwandig, und es befindet sich zwischen den beiden Wänden ein möglichst luftleerer Raum; dadurch wird eine Wärmezufuhr nach dem inneren Behälter jedenfalls in sofern unmöglich, als eine Wärmeleitung nun nicht stattfinden kann. Die Wärmestrahlung setzt man dadurch stark herab, dafs man die Wände der inneren Flasche verspiegelt. In einfachster, freilich zuweilen etwas unvollkommener Weise erreicht dies Dewar dadurch, dafs er ein Tröpfchen Quecksilber in den Zwischenraum bringt. Die Quecksilberdämpfe schlagen sich dann an der kalten Wand des inneren Gefäfses nieder und bilden hier einen Spiegel. In solchen Flaschen, die man gut in Wolle packt, natürlich aber offen belassen mufs, damit die sich verflüchtigende Luft entweichen kann, läfst sich die Luft mehrere Stunden lang aufbewahren, z. B. reduziert sich unter günstigen Umständen der Inhalt einer Flasche von $^1/_4$ Liter Inhalt in drei Stunden etwa auf die Hälfte.

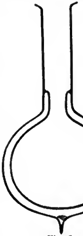


Fig. 3.

Nach der Entfernung der Kohlensäure enthält die flüssige Luft nur noch Sauerstoff und Stickstoff. Eine sehr merkwürdige Thatsache besteht nun darin, dafs das Verhältnis dieser beiden Gase ein wesentlich anderes ist als in der atmosphärischen Luft. Die letztere enthält bekanntlich $^4/_5$ Stickstoff und $^1/_5$ Sauerstoff. Die flüssige Luft hingegen hat ungefähr doppelt so viel Sauerstoff als Stickstoff. Der Stickstoff der Atmosphäre ist also auf den achten Teil des ursprünglichen Betrages reduziert, sodafs die flüssige Luft sehr sauerstoffreich ist, wenigstens wenn man die Verflüssigung in der angegebenen Weise

vornimmt, oder wenn man flüssige Luft in einem offenen Gefäfs längere Zeit stehen läfst. Der Stickstoff ist nämlich viel flüchtiger als der Sauerstoff, und deshalb mufs der bekannte Prozefs eintreten, welchen der Chemiker fraktionierte Destillation nennt, d. h. es scheidet sich aus dem Gemisch beim Verdunsten vorwiegend Stickstoff ab und entweicht; der Rest wird sauerstoffreicher. Will man flüssige Luft von derselben Zusammensetzung haben wie in der Atmosphäre, so mufs man atmosphärische Luft zusammenpressen und mit Hilfe flüssigen Sauerstoffes oder der auf obige Weise erhaltenen flüssigen Luft bis zur Verflüssigung abkühlen. — Eine Folge des reichen Sauerstoffgehaltes der gewöhnlichen flüssigen Luft ist die kräftige Unterhaltung der Verbrennung. Die bekannte Sauerstoffprobe mit einem glimmenden Spahn, welcher wieder mit Flamme zu brennen beginnt, gelingt ohne weiteres, wenn man den Spahn in den Hals einer Dewarschen Flasche bringt. Ja, wenn man flüssige Luft selbst auf ein gröfseres Holzstück giefst, welches an einem Ende glimmt, so beginnt dasselbe mit einer intensiven weifsen Flamme zu brennen, ein Versuch, der sich merkwürdig genug ausnimmt, wenn man an die tiefe Temperatur denkt, die die flüssige Luft besitzt. Es ist hierbei freilich zu bemerken, dafs die Flüssigkeit mit dem Holz nur an ganz vereinzelten Stellen und überhaupt nicht mit glühenden Teilen selber in Berührung kommt, da sich eben immer wieder die Leidenfrostsche Erscheinung zeigt.

Diesen Sauerstoffreichtum flüssiger Luft gedenkt Linde zur praktischen Herstellung von Sauerstoff zu benutzen. Die Kosten des Verfahrens dürften voraussichtlich viel geringer sein als die der gewöhnlichen Herstellungsmethode des Sauerstoffes, selbstverständlich unter der Voraussetzung, dafs die Luft nicht in flüssigem Zustande aus dem Gegenstromapparate entnommen würde — flüssige Luft ist ein ziemlich kostbarer Artikel —, sondern nur einmal oder vielleicht auch mehrere Male durch den flüssigen Zustand hindurch ginge. Es würde dann die sauerstoffreiche Luft luftförmig aus dem Apparat entnommen werden, und die zur Verflüssigung nötige Kälte brauchte nicht immer wieder aufs neue erzeugt zu werden. Dafs der Sauerstoff, welchen man auf diese Weise gewinnt, kein reiner ist, kommt für viele Zwecke durchaus nicht in Betracht.

So viel über die flüssige Luft. Wir wollen nunmehr noch einige ihrer Wirkungen betrachten und zwar solche, welche sie insofern zeigt, als sie eben ein Hilfsmittel zur Erzielung tiefer Temperaturen bildet. Die Bedeutung, welche die Anwendung hoher Tempe-

raturen bei chemischen, physikalischen und technischen Prozessen hat, liegt so auf der Hand, dafs man füglich kein Wort darüber zu verlieren braucht. Die Anwendung tiefer Temperaturen hat praktisch bei weitem nicht eine solche Bedeutung; in wissenschaftlicher Beziehung aber dürfte sie sich mit der Zeit den Rang eines Hilfsmittels ersten Ranges erobern. Was die chemischen Wirkungen angeht, so sind dieselben von Pictet untersucht worden, welcher im grofsen und ganzen zu dem Resultate kam, dafs tiefe Temperaturen den Tod aller chemischen Vorgänge bedeuten. Dafs die Fähigkeit der Körper, chemisch auf einander zu wirken, in vielen Fällen durch die tiefen Temperaturen stark herabgesetzt wird, ist unbestreitbar. Bringt man beispielsweise metallisches Natrium in Salzsäure, so erfolgt unter Feuererscheinung die Bildung von Kochsalz; kühlt man aber beide Körper mit Hilfe fester Kohlensäure auf — 70 bis 80° ab, so bleibt die Reaktion aus. Pictet hat geglaubt, auf dieses Verhalten der Körper ein neues System chemischer Synthese gründen zu können. Während bei der gewöhnlichen Methode von den zusammengebrachten Körpern alle mehr oder weniger auf alle einwirken, würde, wenn man von tiefen Temperaturen ausginge, ganz allmählich ein Körper nach dem anderen in Aktion treten. Es scheint aber, als ob das Pictetsche System bis jetzt zu weitgehenden Resultaten nicht geführt habe. Eigentümlich ist es, dafs, wie schon Pictet konstatiert hat, manchmal gerade Reaktionen, welche bei gewöhnlichen Temperaturen mit geringer Energie ablaufen, auch bei sehr tiefen Temperaturen noch möglich sind, so z. B. die Einwirkung von Säure auf Lackmus. Eine andere chemische Wirkung, nämlich die Beeinflussung photographischer Platten, hat der Verfasser selbst bei der Temperatur der flüssigen Luft noch konstatieren können, obwohl sich zeigte, dafs ihre Intensität stark vermindert war. Neuere Untersuchungen[1]) haben übrigens gezeigt, dafs auch in dem obigen Versuche mit Natrium und Salzsäure nur eine sehr starke Verlangsamung der Reaktion eintritt, welche im Zusammenhange steht einerseits mit der starken Erhöhung des elektrischen Leitungswiderstandes, andererseits mit der etwa auf den 55fachen Betrag gewachsenen inneren Reibung der abgekühlten Salzsäure. Es ist schon bei Temperaturen von etwa 100° unter Null die Bewegungsfreiheit der kleinsten Teilchen eines Körpers stark herabgesetzt, und in diesem Sinne gewinnt die Vorstellung von dem Tode der Materie bei den tiefen Temperaturen eine gewisse Berechtigung.

[1]) Dorn u. Völlmer, Wied. Ann. 1897, S. 468.

Ähnliche Betrachtungen können wir anstellen hinsichtlich der Bewegung kleinster Teilchen eines Körpers, welche bei elastischen Deformationen und verwandten Vorgängen stattfinden. Weiche Körper, also solche, deren Moleküle einer Verschiebung nur einen äufserst geringen Wiederstand entgegensetzen, werden hart, wenn man sie abkühlt, ein Vorgang, der ja schon durch viele Erfahrungen im täglichen Leben belegt wird und bei sehr tiefen Temperaturen oft in besonders charakteristischer Weise hervortritt. So wird beispielsweise ein Gummischlauch durch Eintauchen in flüssige Luft so hart, dafs man ihn durch einen Hammerschlag zersplittern kann. Metalle von sehr geringer Elastizität werden in ziemlich hohem Grade elastisch; man kann dies in der Weise demonstrieren, dafs man eine bleierne Glocke zum Tönen bringt.[5])

Ein anderes Bild gewährt freilich das Verhalten kalter Körper gegenüber anderen physikalischen Erscheinungen, wie Magnetismus und Elektrizität. Von den Metallen ist es bekannt, dafs ihr Leitungsvermögen in hohem Grade von der Temperatur abhängt, und zwar leiten die reinen Metalle desto besser, je kälter sie sind. Es hat den Anschein, als müfsten alle reinen Metalle bei der Temperatur des absoluten Nullpunktes (-273^{0}) unendlich gut leiten; man würde also durch einen sehr dünnen und sehr langen Draht die stärksten elektrischen Ströme schicken können, ohne dafs an elektrischer Kraft etwas verloren ginge. Es ist selbstverständlich sehr fraglich, wie der Versuch ausfallen würde, falls man ihn wirklich zu machen im stande wäre. Jedenfalls aber zeigen Versuche, dafs beispielsweise in einem Platindraht bei der Temperatur der flüssigen Luft die Elektrizität etwa dreimal so leicht von Teilchen zu Teilchen weiter gegeben wird als bei gewöhnlicher Temperatur.

Ist es in dieser Beziehung sehr schwierig, sich von dem Verhalten der Moleküle des betreffenden Körpers ein Bild zu machen, so scheint dies leichter bei magnetischen Erscheinungen. Es ist bekannt, dafs man sich das Magnetischwerden des Eisens in der Weise erklärt, dafs bereits im unmagnetischen Eisen die Moleküle kleine Magnete sind, welche nur deshalb keine magnetische Wirkung nach aufsen zeigen, weil sie nicht alle in gleicher Weise gerichtet sind, wohl aber unter dem Einflufs einer magnetisierenden Kraft, z. B. bei Annäherung eines Magneten, sämtlich in die gleiche Lage gedreht werden. Diese zur Erklärung der magnetischen Erscheinungen

[5]) Ich benutze hierzu eine elektrische Klingel, welche so aufgestellt wird, dafs man die flüssige Luft in die Glockenschale hineingiefsen kann.

so fruchtbare Theorie der Molekularmagnete legt den Gedanken nahe, dafs bei tiefen Temperaturen ein Magnetischwerden des Eisens weniger leicht von statten gehen mufs, weil die Bewegungsfreiheit der Moleküle eingeschränkt sein dürfte. Nach Versuchen von Dewar ist diese Vermutung in sofern richtig, als ein Stück weichen Eisens bei der Temperatur flüssiger Luft nur den fünften Teil des Betrages von Magnetismus bekommt wie bei gewöhnlicher Temperatur, gleiche magnetisierende Kraft vorausgesetzt. Was soll man aber dazu sagen, dafs bei einem andern Versuche ein Stück gehärteten Eisens in der Kälte viermal so stark magnetisch wurde wie bei gewöhnlicher Temperatur? Also wenn die Moleküle sich bereits in einem gewissen Zwangszustande befinden, wird die Festigkeit ihres Aufbaus durch die Kälte nicht gesteigert. Der Fall zeigt recht deutlich, wie vorsichtig man Voraussetzungen wie die obige, auf Gebieten anzuwenden hat, auf denen sie noch nicht erprobt sind. Da die flüssige Luft sauerstoffreich ist, und, wie schon Plücker, Faraday u. a. nachgewiesen haben, dieses Gas von einem starken Magneten angezogen wird, ist dies bei der viel dichteren flüssigen Luft in höherem Grade zu erwarten. Bringt man eine mit flüssiger Luft gefüllte Dewarsche Flasche von kleinem Durchmesser zwischen die Pole eines Elektromagneten, so sieht man die Flüssigkeit bei Erregung des Magneten rechts und links an den Wänden emporsteigen, ein Beweis dafür, dafs sie sich den Polen möglichst zu nähern bestrebt ist.

Es sei endlich noch einer letzten Klasse von Erscheinungen hier Erwähnung gethan, welche sich auf dem Gebiete des Lichtes abspielen. Können Körper bei sehr tiefen Temperaturen Licht aussenden? Es ist dies natürlich nicht in der Weise möglich wie bei glühenden Körpern, welche die ganze Skala von den dunklen Strahlen bis zu den Grenzen des sichtbaren Spektrums und darüber hinaus aussenden und deshalb schon dann, wenn sie ganz schwach sichtbar werden, eine gröfsere Energiemenge von sich geben; über solche verfügt ja ein kalter Körper nicht. Es giebt aber neben dieser Art des Leuchtens noch eine zweite, die „Lumineszenz“, als deren Typus wir die Phosphoreszenz ansehen können. Zu dieser sind auch kalte Körper fähig, ja viele Körper gewinnen geradezu erst bei sehr tiefer Temperatur die Fähigkeit, unter dem Einflufs einer vorangegangenen Belichtung zu leuchten. Dewar hat solche Versuche u. a. mit Stearin und mit Eiweifs angestellt. Der Verfasser hat eine grofse Reihe von Körpern unter diesem Gesichtspunkt untersucht und aufser Metallen kaum einen gefunden, welcher nicht phosphoreszierte. Z. B. leuchten,

wenn man sie mit flüssiger Luft abkühlt und dem Licht einer elektrischen Bogenlampe ausgesetzt hat, Gummi, Asbest und Holz; sehr intensiv grün leuchtet Watte, sehr schön bläulich, in der Farbe, in der es sonst fluoresziert, gefrorenes Petroleum; ferner leuchten gefrorener Äther und Alkohol, konzentrierte Schwefelsäure u. a. m. Dafs die letztgenannten Flüssigkeiten bei gewöhnlicher Temperatur nicht phosphoreszieren, ist wenig auffallend, da den Teilchen einer Flüssigkeit überhaupt die Fähigkeit abzugehen scheint, Lichtschwingungen, an denen sie teilgenommen haben, noch eine Zeit lang fortzusetzen; Flüssigkeiten phosphoreszieren nicht. Sehr merkwürdig ist nur, dafs die Fähigkeit der Phosphoreszenz bei diesen tiefen Temperaturen so allgemein wird.

Jedenfalls wird durch alle diese Erscheinungen die Berechtigung jener Vorstellung von dem Tode aller Materie bei tiefen Temperaturen in hohem Grade eingeschränkt, und es ergeht uns beim Eindringen in diese von Pictet das „Polargebiet der Naturwissenschaft“ genannte Region wie dem Forscher, welcher zu den eis- und schneeumgürteten Polen der Erde vorzudringen versucht und mit Bewunderung sieht, dafs hier die Natur zwar anders, aber nicht minder interessant wirkt als anderswo und dafs gerade hier ein Bezirk ist, in welchem magnetische und elektrische Kräfte eigenartig wirken, und wo phantastische Lichterscheinungen uns gleichsam dafür zu entschädigen suchen, dafs uns die gewohnten Wärme und Leben spendenden Strahlen fehlen.

Die vorgeschichtliche Niederlassung am Schweizersbild bei Schaffhausen.

Von Dr. K. Keilhack in Berlin.

Nachdem es mit Sicherheit festgestellt war, dafs unser Vaterland in seinen nördlichen Teilen von Skandinavien, in seinem südlichen Teile von den Alpen aus in der sogenannten Eiszeit einer mehrmals sich wiederholenden intensiven Vergletscherung ausgesetzt war, knüpfte sich ein mächtiges Interesse an die Frage, welche Wandlungen diese Gebiete durchgemacht haben, nachdem die gewaltige Eiswüste der letzten dieser Eiszeiten vollständig verschwunden und das eisfrei gewordene Land einer Neubesiedelung durch Pflanzen und Tiere wieder zugänglich geworden war. Fast alle Gebiete der Naturwissenschaften waren an dieser Frage in gleicher Weise interessiert. Ihre Lösung eröffnete dem Botaniker und Zoologen einen Einblick in die Wandlungen der Tier- und Pflanzenwelt und in die Reihenfolge der Lebensgenossenschaften, die sich gegenseitig ablösend nach einander wieder festen Fufs fassen konnten. Aus diesen Studien heraus konnte der Klimatologe Schlufsfolgerungen vornehmen auf den Wechsel der Klimate und der meteorologischen Verhältnisse von der arktischen Periode bis auf die gemäfsigte Jetztzeit. Der Anthropologe durfte hoffen, durch die bei solchen Gelegenheiten und Untersuchungen gemachten Entdeckungen Licht zu bringen in die Aufeinanderfolge der Menschenrassen, in die Zeiten, in denen sie zuerst bei uns auftauchten, und in ihre sozialen Verhältnisse, ihre Lebensweise und ihre Kulturstufe. Der Geologe schliefslich durfte von der genauen Untersuchung der Ablagerungen dieser jüngsten, postglacialen Periode erwarten, Schlüsse auf das relative oder absolute Zeitmafs ziehen zu können, welche unsere Zeit, das Alluvium, von der vorausgegangenen Eiszeit, dem Diluvium, trennt. Zahllose einzelne Beobachtungen von den verschiedensten Orten lagen bereits vor, und eine Fülle von gesammeltem Material hatte allen diesen verschiedenen Forschungszweigen bereits weite Ausblicke in den Wechsel der Er-

scheinungen während dieser ganzen Periode eröffnet. Eine ungeheuere Förderung erfuhren alle diese Studien durch einen glücklichen Fund, den der Professor Jacob Nüesch in Schaffhausen im Verfolge langjähriger Studien und Untersuchungen in der Umgegend seiner Vaterstadt zu machen endlich das Glück hatte. Es ist das die Entdeckung der vorgeschichtlichen Niederlassung am Schweizershild bei Schaffhausen. Vertraut mit allen Methoden der neueren exakten Forschung, mit unermüdlicher Hingabe an sein Werk und unter grofsen Opfern an Zeit und Geld, gelang es diesem Gelehrten, durch systematische Untersuchungen einer der an tierischen und menschlichen Resten reichsten Ablagerungen, die je bekannt geworden sind, ein erschöpfendes Bild der Aufeinanderfolge des Tierlebens und der Menschenrassen während eines Zeitraumes von der ältesten Steinzeit bis hinauf zur neolithischen Periode zu gewinnen. Die eingehende Untersuchung einer unendlichen Fülle von Material durch die berufensten Spezialforscher gestattete die Herausgabe eines geradezu klassischen Werkes, welches in den „Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft" im 25. Bande soeben erschienen ist. Wir entnehmen die nachfolgenden Mitteilungen diesem für alle Zeiten vorbildlichen Werke, welches in interessantester Form die wesentlichsten Resultate langjähriger Mühen und Forschungen darstellt.

Ungefähr 3 km nördlich von der Stadt Schaffhausen erheben sich an einer Stelle, wo nicht weniger als 5 kleinere und gröfsere, das ausgedehnte Plateau des Randen durchschneidende Thäler zusammen kommen, mitten aus dem Thalboden heraus zwei isolierte Felsen von ungefähr 16 m Höhe, deren westlicher nach dem bis zur Reformation dort vorhandenen Heiligenbilde als das „Schweizersbild" bezeichnet wird. Diese aus dem Plattenkalke des weifsen Jura gebildete Klippe fällt nach Südwesten hin steil, zum Teil überhängend, ab, während sie sich nach Nordosten hin flacher abdacht. Am Fufse dieser Steilwand sind unter ihrem Schutze eine Reihe von Schichten abgelagert, die in ihrer Gesamtheit alle die zahllosen Einschlüsse beherbergen, die uns ein Bild von der Entwicklung des Menschen- und Tierlebens dieses Gebietes während langer Zeiträume gewähren. Bei den durch drei Jahre fortgeführten Ausgrabungen wurde mit der peinlichsten Sorgfalt und Umsicht verfahren. Es wurde alles, auch die kleinsten Bruchstücke und Splitter von Knochen und Feuersteinen aufbewahrt, und es durfte nichts weggeworfen werden, selbst wenn der gleiche Gegenstand sich hundert- und tausendfach vorfand. Zunächst wurde ein Versuchsgraben rechtwinklig zur Wand

des Felsens gezogen, der die gesamten, organische Reste führenden Schichten aufschlofs und ihre Aufeinanderfolge kennen lehrte, und nachdem so das Profil festgestellt war, wurden die einzelnen Erdschichten, von 20 zu 20 cm, stellenweise sogar von 10 zu 10 cm abgehoben, ihre Einschlüsse getrennt und nach Schichten geordnet aufbewahrt. Während der Ausgrabungen wurde ein Protokoll geführt, in welches an Ort und Stelle alle Beobachtungen über die Lage der Gegenstände, ihre Tiefe und über die Schichten selbst eingetragen wurden. Die Fundobjekte selbst wurden mit fortlaufenden Nummern und Etiketten von verschiedener Farbe versehen, wobei Gegenstände aus der gleichen Schichtenlage dieselbe Farbe erhielten. Um Unterschiebungen von Seiten der Arbeiter vorzubeugen, wurde denselben ein höherer Tagelohn als der landesübliche gegeben, dagegen die Verabreichung von Trinkgeldern selbst für noch so seltene Funde unbedingt unterlassen. Wenn wir noch hinzufügen, dafs die Ausgrabungsstelle umzäunt und während der gesamten Dauer der Ausgrabungen militärisch überwacht wurde, dafs ferner eine besondere Wasserleitung an Ort und Stelle geführt wurde, um sofort die nötigen Schlämmungen und Auswaschungen vornehmen zu können, und dafs der Entdecker der Fundstelle während der Zeit der Ausgrabungen auch die Nächte unter einem Zelte kampierend dort zubrachte, so läfst sich aus alledem der Schlufs ziehen, dafs nichts unterlassen wurde, den Ergebnissen der Ausgrabungen den höchsten wissenschaftlichen Wert zu verleihen.

Die Fundstelle liegt an einer Thalwasserscheide; durch diesen Umstand war sie von jeher vor der Gefahr der Überschwemmung geschützt. Sie liegt ferner unter dem Schutze des überhängenden Felsens, so dafs auch die atmosphärischen Wasser nur einen sehr geringfügigen Einflufs ausüben konnten. Diese beiden Umstände wirkten in günstigster Weise zusammen, um die während langer Jahrtausende entstandene Schichtenfolge vor allen äufseren Einflüssen zu schützen und sie unversehrt unserer Zeit zu überliefern.

Es sind im ganzen sechs deutlich unterscheidbare Bildungen, die auf der ganzen, etwa 250 qm grofsen, von der Niederlassung eingenommenen Fläche sich mehr oder weniger deutlich unterscheiden lassen. Die oberste Decke wird durch eine durchschnittlich 40—50 cm mächtige Humusschicht gebildet, darunter folgt die nach ihrer Farbe als „graue“ bezeichnete Kulturschicht mit einer mittleren Mächtigkeit von 40 cm. Unter ihr lagerte eine an einzelnen Stellen 120 cm, im Mittel 80 cm starke Breccienschicht, in deren Mitte sich eine äufserst

knochenreiche Nagetierschicht von etwa 10 cm Mächtigkeit befindet. Sie wird von der 30 cm mächtigen „gelben“ Kulturschicht und noch tiefer von einer 50 cm mächtigen unteren Nagetierschicht unterlagert. Unter dieser ganzen Folge findet sich schliefslich eine Schotterschicht, die bis zu einer Mächtigkeit von $1^1/_2$ m aufgeschlossen wurde, ohne dafs damit ihr Liegendes erreicht wurde. Die unterste Lage, die Schotterschicht, besteht aus zum Teil zu lohmigen Massen verwitterten Bach- und Flufsgeröllen, die, wie wir weiterhin sehen werden, den Absatz von Gletscherschmelzwasser darstellen. Alle darüber folgenden Schichten bestehen überwiegend aus abgewittertem Material des überhängenden Kalkfelsens, während ihre verschiedene Färbung den in ihnen enthaltenen Fragmenteinschlüssen zuzuschreiben ist. So ist die graue Kulturschicht aufserordentlich reich an Asche, von der nicht weniger als 14 zweispännige Wagen weggeführt wurden. Die gelbe Kulturschicht erhielt ihren Namen nach den zahlreichen gelben, von Menschenhand zertrümmerten Säugetierknochen, die Humusschicht nach den vegetativen Neubildungen an der Oberfläche der ganzen Ablagerung, und die Breccienschicht konnte als solche wegen ihrer Armut an anderen Einschlüssen bezeichnet werden. Alle 5 oberen Schichten waren in 2—3 m Entfernung vom Felsen am mächtigsten und nahmen dann nach aufsen hin allmählich an Stärke bis zum völligen Verschwinden ab. Wenn wir die kulturgeschichtlichen und paläontologischen Ergebnisse der ausgeführten Einzeluntersuchungen vorwegnehmen, so können wir mit Nüesch folgende Doppelgliederung der untersuchten Schichtenfolge aufstellen.

a) kulturgeschichtlich.

1. Die Humusschicht:	entspr.	der Eisen- und Broncezeit.
2. Die graue Kulturschicht:		der jüngeren Steinzeit oder neolithischen Periode.
3. Die Breccienschicht mit der oberen Nagetierschicht:		der Periode zwischen der jüngeren und älteren Steinzeit.
4. Die gelbe Kulturschicht und 5. die untere Nagetierschicht:		der paläolithischen Zeit.

b) paläontologisch.

1. Die Humusschicht:	der Fauna der gegenwärtigen Haustiere.
2. Die graue Kulturschicht:	der Waldfauna, der Fauna der Pfahlbauer, insbesondere der Edelhirschfauna.

3. Die Breccienschicht mit der oberen Nagetierschicht: } der Übergangsfauna von der Wald- zu der Steppenfauna.
4. Die gelbe Kulturschicht: der Subarktische Steppenfauna.
5. Die untere Nagetierschicht: der arktische Tundrafauna.

Die endgiltigen Ergebnisse der von dem Verfasser und den Herren Prof. Studer in Bern, Prof. Nehring in Berlin, Prof. Penck in Wien und Prof. Kollmann in Basel ausgeführten Untersuchungen ermöglichten es:

a. Die Aufeinanderfolge einer Tundren-, Steppen- und Waldfauna am Schweizersbild in einer Vollständigkeit zu konstatieren, wie eine solche von keinem anderen Orte aus der Pleistocänzeit bis jetzt bekannt ist;

b. alle diese Faunen als postglazial und damit postglaziale Klimaschwankungen zu erweisen;

c. die Gleichzeitigkeit der Existenz des paläolithischen Menschen mit den beiden älteren dieser postglazialen Faunen festzustellen;

d. aus der neolithischen Zeit zum ersten Mal eine ansehnliche Begräbnisstätte auf dem Lande, sowie eine bisher in Europa aus dieser Zeit noch nicht bekannte fossile, menschliche Rasse von kleinem Wuchs, Pygmäen, nachzuweisen;

e. eine klare Aufeinanderfolge der Schichten am Schweizersbild zu erkennen, welche ermöglichte, auch über das absolute Alter der ganzen Niederlassung und der einzelnen Ablagerungen annähernde Zahlenwerte anzugeben, und

f. in den übereinanderliegenden Schichten eine Folge der verschiedenen Kulturepochen, von der ältesten Steinzeit bis zur Jetztzeit, zu konstatieren.

Wir werden nun sehen, in welcher Weise die Einschlüsse innerhalb der einzelnen Schichten diese Resultate gestatten, und betrachten von unten nach oben jede einzelne Schicht und das, was sie an wissenschaftlich wertvollem Material lieferte.

1. Die Schotterschicht. Sie besteht unmittelbar am Felsen fast ganz aus scharfkantigen, kleinen, oftmals durch Kalksinter verbundenen Kalktrümmern, die vom Felsen herabgestürztem Material zuzuschreiben sind. Erst unter dieser lokalen Schuttmasse liegen echte Schotter, die weiterhin die ganze Kulturschicht unterteufen und in unmittelbarstem Zusammenhange mit den glazialen Schottern der sogenannten Niederterrasse stehen, die das ganze Thal erfüllt. Diese Schotterterrasse steht nach den gründlichen Untersuchungen Prof. Pencks in Verbindung mit kleinen Endmoränen des Rheingletschers

aus der Zeit seines letzten Vorstofses, und zwar findet sich diese Moräne sowohl nördlich wie südlich vom Schweizersbild, sodafs Penck aus diesen Lagerungsverhältnissen die Schlüsse ziehen konnte:

1. dafs während des Maximums der letzten Vergletscherung das Schweizersbild samt den Nachbarhöhen vom Eise vollständig bedeckt war;

2. dafs der Gletscher bei seinem Rückzug einen Halt, 600 m südöstlich vom Schweizersbild, machte;

3. dafs seine Wasser dann den Boden des Schweizersbildthales aufschütteten;

4. dafs nachher bei weiterem Zurückschreiten des Gletschers das Schweizersbildthal nicht mehr von dessen Schmelzwassern durchströmt wurde, sondern dafs seine eigenen Gewässer, diejenigen vom Freudenthal und wohl auch von Merishauserthal, den obenerwähnten Juraschotter aufhäuften;

5. dafs nach weiterem Abbröckeln des Felsens sich Nagetierreste am Fufse desselben ansammelten, und

6. dafs der paläolithische Mensch erst dann, und zwar lange nachher, sich hier ansiedelte.

Aus diesen Beobachtungen ergab sich mit zweifelloser Sicherheit, dafs das Liegende der gesamten Ablagerung von einem glazialen Schotter der jüngsten Eiszeit gebildet wurde, und daraus hinwiederum, dafs die sämtlichen Kulturschichten der prähistorischen Niederlassung in die postglaziale Zeit fallen, d. h. in die Zeit nach dem letzten Vorstofse des Rheingletschers auf das Alpenvorland. Die Schotterschicht ist sehr arm an Einschlüssen, nur an ihrer oberen Grenze gegen die Felsenwände hin konnten einzelne Knochen von kleinen Nagetieren, Vögeln und Fischen erkannt werden, deren Vorkommen in Häufchen darauf hinweist, dafs sie die Überreste der Jagdbeute grofser Raubvögel waren. Auch der Mensch hat nur wenige Spuren seiner Anwesenheit in Form von zersplitterten Knochen und einzelnen Feuersteinmessern hinterlassen, sodafs anzunehmen ist, dafs das erste Auftreten des Menschen in dieser Gegend zwar sehr weit in die Vergangenheit zurückreicht, dafs aber diese ersten streifenden Menschen sich nicht sofort bleibend in dieser, nach dem Zurückweichen des letzten Gletschers wohl noch äufserst unwirtlichen Gegend niederlassen konnten, sondern dafs noch eine lange Zeit verflossen sein mufste, bis zuerst für niedrige Pflanzen und damit auch für eine entsprechende, in ihren Anforderungen sehr bescheidene Tierwelt sich die nötigen Existenzbedingungen fanden.

2. Die untere Nagetierschicht. Sie gehört zu denjenigen Schichten, die nicht durch die ganze Ablagerung gleichmäfsig verbreitet auftreten, sondern ein ganz charakteristisch lokales Gepräge zeigen. Rein westlich, vom Felsen entfernt, verwischt sich ihre Grenze nach unten, und sie geht dort ganz allmählich und untrennbar in die liegende Schotterschicht über. Dagegen nimmt nach dem Felsen zu ihre Dicke zu und steigt unmittelbar unter den oben an der Felsenwand befindlichen Löchern und Spalten des Felsens bis auf $^1/_2$ Meter. Stellenweise bestand sie einfach aus Breccie ohne jeden Einschlufs, während wieder ganz lokal plötzlich grofse Massen von Nagetierüberresten beisammenlagen. Die Entstehung dieser Häufchen von zarten Knöchelchen, Zähnen und Schädeln war zuerst schwer zu erklären, bis einige glückliche Funde lehrten, dafs man es hier mit Knochenanhäufungen zu thun hatte, die zu einem weit überwiegenden Teile den Gewöllen von Eulen ihren Ursprung verdanken. Diese nächtlichen Räuber mögen durch lange Jahrhunderte hindurch in den Spalten und Höhlungen des Felsens ihre Schlupfwinkel gehabt und sich vor ihrem Abfluge von diesem Ruhepunkte aus der unverdaulichen Reste ihrer Nahrung entledigt haben, so dafs sich diese Gewölle unter dem Schutze des Felsens schliefslich zu verhältnismäfsig mächtigen Schichten anhäufen konnten. Das plötzliche Aufhören dieser schichtbildenden Thätigkeit nächtlicher Raubvögel fällt zusammen mit der Erscheinung einer Art von Renntierjägern, deren ständige Anwesenheit an diesem Orte den bisherigen alleinigen Herrschern den Aufenthalt verleidete. Man mufs also annehmen, dafs keinerlei zeitliche Lücke zwischen dieser und der nächst jüngeren Schicht liegt, sondern dafs einzig und allein der Eintritt des Menschen in diese Gebiete einen Wechsel in der Sedimentbildung verursachte. Aufserordentlich interessant nun ist die Fauna, die in dieser unteren Nagetierschicht vertreten ist. Sie setzt sich zusammen aus 29 Säugetieren, 3 Vögeln, 2 Reptilien und einer oder mehreren unbestimmbaren Fischarten.

A. Säugetiere: Der Luchs, *Wolf, *Fuchs, *Eisfuchs, *Vielfrafs, *braune Bär, *Hermelin und das *kleine Wiesel von Fleischfressern; der Maulwurf, die gemeine, die Zwerg- und die Feldspitzmaus von Insektenfressern; der Steppenhamster und der gemeine Hamster, die Rötelmaus, die Wasserratte, die Schneemaus, die Zwiebelmaus, die *nordische, wollhaarige und Feldmaus, die *Arvicola agrestis, der *Halsbandlemming, der Zwerg-Pfeifhase und der *Alpenhase von Nagetieren; die zweifarbige Fledermaus; das *Renntier, das büschelhaarige Rhinozeros und das Wildpferd von Huftieren; die Habichts-

eule und eine zweite Eulenart, der Thurmfalke, eine Ammerart, der Auerhahn, das Moorschneehuhn, das Alpenschneehuhn, eine Drosselart und die Spiefsente von Vögeln; die grüne und die gemeine Eidechse von Reptilien. Diese gesamte Fauna setzt sich zusammen aus solchen Tieren, die noch heute in demselben Gebiete leben und aus einer Anzahl von anderen, die für unser ganzes Vaterland heute als „fremd“ zu bezeichnen sind. Unter ihnen befinden sich nicht weniger als 12 Vertreter der arktischen Tundrafauna, der Bewohner jener hochnordischen, waldlosen Moossteppe, die man heute nur noch im höchsten Norden, nördlich von 70 Grad nördl. Breite antreffen kann. Von den charakteristischen Tieren der Tundra, deren Zahl sich nach den Studien Nehrings auf 14 beläuft, sind nicht weniger als 12 Arten beim Schweizersbild aufgefunden worden; sie sind in der obigen Aufzählung mit Sternchen bezeichnet.

Nur der Lemming vom Ob und der Moschusochse fehlen, aber dafs der letztere wenigstens auch diesem Gebiete nicht fehlte, geht daraus hervor, dass er in der nur 5 Kilometer entfernten ähnlichen Niederlassung am Kessler Loch bei Thaingen aufgefunden ist. Neben den charakteristischen Säugetieren der Tundren fehlen auch ihre Bewohner aus der Vogelwelt nicht. Zu ihnen haben wir fast alle in der obigen Liste angegebenen Vögel zu rechnen. Den zwingendsten Beweis für das Vorhandensein einer arktischen Tundra in der Umgegend des Schweizersbildes liefert aber der Halsbandlemming, der direkt als ein Wärmehasser zu bezeichnen ist, nur aufserhalb der Waldgrenze in den höchsten Breiten des europäischen und asiatischen Nordens sich findet und selbst in diesen Gebieten nördlich vom 70. Grad ein so entschiedenes Höhen- und Felsentier ist, dafs man ihn nur ganz ausnahmsweise in den Niederungen antrifft. Diese älteste Fauna vom Schweizersbild lehrt uns, dafs zur Zeit ihrer Entstehung ein arktisches Klima geherrscht haben mufs, ähnlich demjenigen des heutigen Sibirien. In den nördlichsten Teilen dieses Areals, sagt Studer in seinem Bericht, im Nordosten Europas, in Nordsibirien finden wir die Moorsteppen oder Tundren, Länder mit niedrigen Sträuchern, von Zwergbirken, Weiden und Krüppelfichten bestanden, oder waldlose Gebiete, wo der Boden mit Renntierflechten, Moosen und niederen perennierenden Pflanzen, wie Bärentrauben, Rausch- und Preifselbeeren, krautartigen Weiden bedeckt und von weiten Sumpfgebieten durchzogen ist, in denen Torfmoose wuchern: hier nur finden wir eine Fauna, wie sie die tiefste Nagetierschicht des Schweizersbildes zeigt.

Während des gewaltigen Zeitraumes, der zur Entstehung dieser bis zu 1/2 Meter mächtigen Nagetierschicht erforderlich war, trat eine allmähliche Milderung des Klimas ein, die sich durch das Auftreten einer subarktischen Sumpffauna verrät. Im ganzen aber weist die Fauna mit unwiderlegbarer Deutlichkeit darauf hin, dafs während der ersten Zeit nach dem Verschwinden des eiszeitlichen Gletschers, durchaus arktische klimatische Bedingungen in diesem unter 47 1/2 Grad nördlicher Breite gelegenen Gebiete herrschten, Bedingungen, die wiederzufinden man sich heute um 20—25 Breitengrade weiter nach Norden begeben mufs.

Schon während dieser furchtbar rauhen Zeit trat als feindseliges Element dieser nordischen Tierwelt der Mensch gegenüber. Als Zeugen seiner Thätigkeit hat er uns aufgeschlagene Säugetierknochen, denen er das Mark entnahm, und Werkzeuge aus Feuerstein hinterlassen, die ausschliefslich durch Druck oder Schlag hergestellt wurden. Das Rohmaterial zu letzteren fand er in den in den Plattenkalken des oberen Jura zahlreich enthaltenen Kieselknollen, sowie in den Moränen- und Flufsgeschieben der Nachbarschaft; aus ihnen verfertigte er sich Schaber, Sägen, Bohrer und drei- und vierkantige Messer, mit deren Hilfe er sich andere Werkzeuge aus Knochen und Geweihen herstellte. Er sägte und schnitt diese der Länge nach auf und machte sich daraus Pfriemen, Meifsel, Harpunen und Nadeln. Als Klopfer und Hämmer dienten faustgrofse Kieselsteine, von denen, beiläufig bemerkt, in allen Schichten zusammen mehrere Wagenladungen gesammelt wurden. Nur eine einzige Feuerstelle wurde innerhalb dieser ganzen unteren Nagetierschicht gefunden. Sie liefert den Beweis, dafs der Mensch sich nur ganz kurze Zeit und vorübergehend hier aufhielt; ein Schlufs, der noch dadurch bestätigt wird, dafs in der nächstfolgenden Periode sich die Raubtiere und Eulen wieder in Menge auf dem von Menschen nunmehr nicht beunruhigten Felsen niederlassen konnten. Eine anziehende Schilderung dieses ältesten paläolithischen Menschen jener Zeit auf grund der gemachten Funde giebt uns Nüesch mit folgenden Worten: „Er kannte das Feuer schon und die Kunst, Feuer anzumachen; er verzehrte seine Jagdbeute nicht roh, sondern gebraten; er hatte eine bestimmte Feuerstätte, an der er entweder das Feuer beständig unterhielt oder nach Bedürfnis wieder anfachte; er wärmte sich an demselben, im Kreise um dasselbe herum gelagert, kannte den Feuerstein und wufste durch Druck oder Schlag alle nötigen Werkzeuge aus ihm herzustellen; er verwendete diese letzteren zum Sägen, Schneiden, Glätten und Bohren der Knochen und

Geweihe, fing Tiere ein oder erlegte sie durch mit Widerhaken versehene Harpunen, er häutete mit Meifseln die Jagdtiere ab, schabte und walkte die Felle mit den kunstvoll hergestellten Feuersteinschabern und Knochen; er durchlöcherte die Felle mit Pfriemen, bohrte mit Feuerstein die Löcher in Knochen, sowie die Öhre in die Nadeln und nähte mit den letzteren die Häute zusammen. Als Zwirn benutzte er wohl die Haare der Mähne und des Schweifes der Pferde und die Sehnen der Renntiere; er kleidete sich in Felle, um sich vor der Unbill der Witterung zu schützen, zerschlug nur die markführenden Knochen der Säugetiere, nicht aber die Vogelknochen; überlistete ohne Hilfe des Hundes grofse und gefährliche Tiere, wie den Bären, den Wolf, den Vielfrafs und Hirschluchs. Er erlegte das schnellfüfsige Wildpferd und das flüchtige Renntier, wufste Eulen und Falken zu jagen, Schneehühner, Ammern und Drosseln, Auerhähne und Spiefsenten in seine Gewalt zu bringen und bestattete aller Wahrscheinlichkeit nach seine Toten aufserhalb der Wohnstätte, denn weder in der unteren Nagetierschicht noch in der darüber liegenden gelben Kulturschicht fanden sich menschliche Überreste aus dieser Zeit. Der paläolithische Mensch vom Schweizersbild war kein Kannibale; er stand bereits auf einer gewissen Stufe der Gesittung."

3. Die gelbe Kulturschicht: Sie besafs eine ziemlich gleichmäfsige Mächtigkeit von etwa 30 cm, keilte sich gegen die Thalsohle hin allmählich aus und wölbte sich in der Mitte der Niederlassung etwas empor, so dafs sie dort ihre gröfste Mächtigkeit mit 60—65 cm erreichte. Es liegt das daran, dafs die Troglodyten der Renntierzeit (denn in diese fällt die Entstehung dieser Schicht) die Reste ihrer Mahlzeiten nicht an Ort und Stelle liegen liefsen, sondern gegen die Mitte des bewohnten Raumes hinwarfen, wo sie sich anhäuften. Das einbettende Material auch dieser Schicht besteht aus kleinen, vom Felsen herrührenden Kalksteinstückchen, aber sie treten in ihrer Menge ganz und gar zurück gegen die ungeheuren Massen von gelben Knochen. Diese geben in Verbindung mit den durch Feuer geröteten Kalksteintrümmern der ganzen Schicht ihre charakteristische Farbe. Zum Teil sind Knochen und Steine durch die Bestattungsfeuer der nächstfolgenden Menschen gerötet, zu einem anderen Teil durch Beimengung organischer Substanzen geschwärzt. In der Kalksteinbreccie finden sich als Einschlüsse die Küchenabfälle, die Knochen- und Geweihreste erbeuteter Tiere, die angefangenen oder verloren gegangenen Werkzeuge aus Knochen, Geweih und Feuerstein, sowie das Rohmaterial, welches zur Anfertigung derselben diente. Ferner Schmuck-

gegenstände der verschiedensten Art, Klopfer, Hämmer und Ambosse, die zur Verarbeitung von Steinen und Knochen dienten, Sitzplatten aus Plattensteinen, die Werkstätten und Feuerherde der Renntierjäger und endlich Knochenstücke mit eingeritzten Zeichnungen. Die Sitzplatten sind überwiegend aus geschichteten Gesteinen hergestellt, die dem Material der nahen Endmöräne entnommen sind, und unter denen Gneise und Schiefer aus den Heimatsgebieten des Rheingletschers überwiegen. Auch das zu Klopfern, Hämmern und Ambossen benutzte Gesteinsmaterial ist fast alles alpinen Ursprungs und durch den Rheingletscher an Ort und Stelle transportiert. Die Untersuchung der vorkommenden Reste ergab das Vorhandensein von nicht weniger als 49 verschiedenen Wirbeltieren. Es fand sich von Fleischfressern der Wolf, der Eisfuchs, der gemeine Fuchs, der Vielfrafs, der braune Bär, das Hermelin, die Manulkatze und der Edelmarder;

von Insektenfressern der Maulwurf, die gemeine und die Hausspitzmaus;

von Nagetieren der Hamster, die Wasserratte, mehrere kleine Mäusearten, der Zwergpfeifhase, der Alpenhase, der Bieber, das Eichhörnchen, der rötliche Ziesel;

von Paarzehern das Renntier, der Steinbock, der Maralhirsch, der Edelhirsch, das Reh, eine kleine Schafart, der Bisam, das Wildschwein;

von Unpaarhufern das Wildpferd und der Wildesel;

von Vögeln der Birkhahn, das Moor- und Alpenschneehuhn, die Wachholderdrossel, der Steinadler, der Rotfufsfalke, die Uraleule, die Sumpf-Ohreule, die Schleiereule, der Kolkrabe, die Nebelkrähe, die Alpenlerche, das Rebhuhn, der Kiebitz und eine Finkenart;

von Reptilien unbestimmbare Reste von Kröten, Fröschen und Schlangen und von Fischen eine unbestimmbare Art.

Es ergiebt sich daraus, dafs das Klima inzwischen etwas wärmer geworden ist. Der charakteristischste Tundrenbewohner, der Halsbandlemming, ist verschwunden und hat sich nach Norden zurückgezogen; sein Schicksal haben eine ganze Anzahl von anderen Tieren geteilt. Dagegen sind in der Zwischenzeit eine Reihe von Tieren neu hinzugekommen, wie ein Vergleich der beiden bisher gegebenen Listen ohne weiteres erkennen läfst. Diese so veränderte Fauna mufs als eine Steppenfauna bezeichnet werden, deren auffälligste Vertreter der rötliche Ziesel, der Zwergpfeifhase und der Hamster sind. Auch die Manulkatze, das Wildpferd und der Wildesel ge-

hören in diese Gruppe; dazu kommen noch einige Vertreter der subarktischen und der Alpenfauna. Die wenigen in dieser Tiergesellschaft fremdartig erscheinenden Geschöpfe, die man als „Waldtiere“ bezeichnen mufs, sind nur in ganz geringer Zahl vorhanden und fanden sich, was das wichtigste ist, nur in den oberen Partieen dieser Schicht, an Stellen, wo die Grenzen zwischen ihr und der nächstjüngeren Schicht nicht scharf ausgeprägt waren. Unter den Tierresten überwiegt das Renntier so sehr, dafs wohl drei Viertel aller aufgefundenen Knochen ihm angehören. Mit Recht wurde deshalb der Mensch, der in dieser Zeit diese Gebiete bewohnte, als Renntierjäger bezeichnet. Um ein Bild von der Fülle der in dieser Schicht aufgefundenen Knochenreste zu geben, sei angeführt, dafs nur vom Renntier folgende Reste aufgefunden wurden:

12 500 Backenzähne,
420 kleinere und gröfsere Kieferstücke,
3 540 aufgeschlagene Phalangen,
450 unaufgeschlagene Phalangen,
1 500 teils geöffnete, teils ganze Klauen,
290 Afterklauen,
320 Astragali,
850 Gelenkenden von der Tibia,
910 Gelenkenden vom Humerus,

aufserdem noch eine Masse zerschlagener Diaphysen von Röhrenknochen und eine Menge von Geweihstücken. Man kann daraus schliefsen, dafs mindestens 500 Renntiere beim Schweizersbild in dieser Periode verzehrt wurden, doch ist diese Zahl viel zu niedrig, da, wie aus anderen Funden hervorgeht, von den erbeuteten Tieren nur bestimmte Teile mit dem Fell zur Niederlassung transportiert wurden.

Aus dem gesamten Charakter der Fauna geht unzweifelhaft hervor, dafs die Tundrafauna der untersten Ablagerung beim Schweizersbild allmählich einer nordischen Steppenfauna Platz machen mufste, und dafs während der Bildung der gelben Kulturschicht ein Steppenklima mit arktischem Anstrich, also ein subarktisches Steppenklima mit entsprechender Flora die Vorherrschaft am Schweizersbild und in Mitteleuropa hatte. Die Fauna beim Schweizersbild glich derjenigen, welche sich gegenwärtig noch im südwestlichen Teile von Sibirien, ganz besonders um Orenburg herum, vorfindet. Das Klima war kontinental und trocken; im Sommer heifs, im Winter kalt.

Auch an kulturhistorischen Einschlüssen aus der paläolithischen

Zeit besafs die gelbe Schicht den gröfsten Reichtum, und diese Funde gewähren uns einen tiefen Einblick in die Lebensweise jener alten Bewohner Süddeutschlands. Es wurden nicht weniger als 14 000 Stück Feuersteininstrumente aufgefunden, wobei die Abfälle bei der Fabrikation derselben nicht mitgerechnet sind. Aufserdem finden sich 13 000 Geräte aus Knochen und Geweihen in Form von Nadeln und Nadelspitzen mit und ohne Öhr, von Pfriemen und Ahlen, von Meifseln, Pfeilen, Lanzen und Lanzenspitzen, von Harpunen und Renntierpfeifen. Ferner 3 Zeichnungen auf Geweihstücken vom Renntier, 11 Zeichnungen und Strichornamente auf Knochen und 7 Zeichnungen auf einer Kalksteinplatte, sowie 2 ganze und 15 fragmentarische sogenannte Kommandostäbe. Um den Reichtum von menschlichen Kunstprodukten noch zu erhöhen, seien noch angeführt 37 bearbeitete und unbearbeitete Braunkohlenstücke, 6 Gagatperlen und 42 Schmuckgegenstände aus Muscheln, Versteinerungen und durchlöcherten Zähnen; sodann einige Herdstellen und Werkstätten für die Fabrikation von Feuersteininstrumenten. Unter den 14 000 Stück Feuersteingeräten befindet sich nicht ein einziges Steinartefakt, sondern alle wurden durch Druck oder Schlag hergestellt und entsprechen dem Typus der Feuersteininstrumente von La Madelaine in Frankreich. Auch die Knochen- und Geweihwerkzeuge sind ausschliefslich aus den Knochen des Renntieres und des Alpenhasen hergestellt, und man kann daraus, ferner aus dem Fehlen aller Artefakte aus Resten des Edelhirsches, sowie aus dem vollständigen Fehlen von Topfscherben den Schlufs ziehen, dafs auch diese Schicht, ebenso wie die vorhergehende, als eine rein paläolithische zu bezeichnen ist. Die Feuersteingeräte auch dieser Schicht sind insgesamt fabriziert worden unter Benutzung der in den oberen jurassischen Kalken der Randene in Menge enthaltenen Feuersteinknollen; nur wenige Stücke bestanden aus Calcedon, Jaspis und Kieselschiefer anderer Herkunft; doch finden sich auch diese in einem Umkreis von 4—5 Stunden um das Schweizersbild herum und sind entweder von dort herbeigeholt, vielleicht aber auch den Moränen des Rheingletschers entnommen. Wie die Feuerstellen, die Asche, die angebrannten Knochen und anderes zeigen, kannten diese Ansiedler das Feuer, und wie sehr sie auf die Erhaltung dieses kostbaren Elementes bedacht waren, geht aus der grofsen Sorgfalt hervor, mit der sie ihre Feuerherde anlegten. Ein solcher künstlich angelegter Herd wurde vollständig freigelegt, und mit einem grofsen Aufwande von Arbeit gelang es, diese älteste, bekannte Küche intakt zu erhalten und wegzunehmen, sodafs dieser

Herd mit sämtlichen daraufruhenden Wärmesteinen und der dazwischenliegenden viele Jahrtausende alten Asche unverändert und unversehrt aufbewahrt worden ist.

Neben den zahllosen Geräten, die zur Beschaffung des Lebensunterhaltes oder im Haushalte erforderlich waren, finden sich aber in dieser Schicht auch eine Reihe von Gegenständen, die uns zeigen, dafs der Mensch jener Zeit bereits sorgsam seine Umgebung beobachtete und alle Dinge, die ihn interessierten, oft von weiter Ferne her mit nach seinem Wohnsitze zurücknahm und dort aufbewahrte. Dahin gehört eine grofse Anzahl von Versteinerungen. Nur ein kleiner Teil derselben entstammt den Schichten des weifsen Jura, die in der unmittelbaren Umgebung des Schweizersbildes allenthalben sich finden. Andere Versteinerungen sind von jenen alten Paläontologen in grofser Entfernung aus dem braunen Jura am Nordabhange des Randen und aus dem unteren Lias des Wutachthales und der Nordwestseite des Randen, sowie aus dem Tertiär von Zimmerholz bei Ramsen gesammelt worden. Diese Ansammlungen geben uns einen Anhalt zur Beurteilung der Entfernungen, bis zu denen die Jagdzüge dieser alten Renntierjäger sich ausdehnten. Die Versteinerungen des braunen Jura finden sich erst mehrere Stunden nördlich und nordwestlich von unserem Felsen und diejenigen aus dem Lias 4—5 Stunden westlich davon. Auch das Tertiär von Zimmerholz ist 4—5 Stunden und zwar in östlicher Richtung entfernt. Auch die aufgefundenen Braunkohlenstücke weisen auf die Molassekohle im benachbarten Höhgau hin. Das Jagdrevier der Renntierjäger erstreckte sich daher vom Schweizersbild stundenweit nach Norden, Westen und Osten. Aufserdem aber fand sich noch eine Reihe teils bearbeiteter, teils unbearbeiteter Muscheln, welche nirgends in der Schweiz oder am Bodensee oder in nächster Nähe in Süddeutschland vorkommen, sondern nur in weit vom Schweizersbild entfernten Orten sich finden. Dahin gehört eine Reihe von Muscheln, die zweifellos dem marinen Tertiär des Mainzer Beckens entstammen, und eine Art, die in der untermiozänen, oberen Süfswasser-Molasse von Unter- und Oberkirchberg bei Ulm an der Donau sich findet. Es geht daraus hervor, dafs schon in diesen früheren Zeiten der Rhein und wahrscheinlich auch die Donau als Handelsstrafse für die Niederrheingegend dienten. Dagegen läfst sich nicht entscheiden, ob diese Muscheln als Handelsartikel aus jenen Gegenden bezogen wurden, oder ob die Renntierjäger in der kälteren Jahreszeit den Oberrhein verliefsen und Wanderungen in die wärmeren Gebiete am Nordrande der Mittelrheinischen Tiefebene unter-

nahmen. Auch eine Reihe von Mineralien fanden sich, die entweder als Kuriosität mit heimgebracht wurden oder, wie Stückchen von Rötel, zur Färbung des Leibes dienten.

Am wunderbarsten sind die Funde von Knochenstücken und Gesteinsplatten mit eingeritzten Tierzeichnungen, da dieselben einen erneuten und unzweifelhaften Beweis für die Echtheit der auch an anderen Orten schon aufgefundenen, aber stark angezweifelten Erzeugnisse der ersten Bethätigung künstlerischen Sinnes bei den ältesten Bewohnern Europas erbringen.

Zunächst sind einige als Kommandostäbe bezeichnete stabförmige Knochen zu nennen, deren einer, nicht vollständig erhalten, hinreichend charakteristische Darstellungen eines Renntieres zeigt, welches im Vorwärtsschreiten dargestellt ist, wobei zwei vom Rücken her schief auf die Bauchlinie zu laufende Linien einen Leibriemen anzudeuten scheinen; es würde damit der Nachweis erbracht, dafs diese Menschen, wie die heutigen Bewohner des hohen Nordens, sich des Renntieres bereits als Haustier bedienten. Auf einem anderen Kommandostabe ist ein mit dem Kopfe nach links gerichtetes, vorwärts schreitendes Pferd eingeritzt, dessen langer Hals eine herabhängende Mähne trägt; alle vier Beine tragen lange, nach rückwärts herabhängende Haare. Hinter diesem Pferde ist ein zweites, ebenfalls vorwärts schreitendes, weniger deutlich sichtbar skizziert. Auf anderen Knochen sind Ornamente eingeritzt; so ist z. B. ein 30 Millimeter langes Stück eines dünnen Röhrenknochens mit fast mathematisch genau gezeichneten 2 Millimeter langen Rhomben verziert. Ein anderes trägt zickzackförmige, einander kreuzende, quer über das Stück verlaufende Linien, und noch andere zeigen parallele, gradlinige oder wellenförmig verlaufende Zierrate. Noch gröfseres Interesse erwecken die Zeichnungen auf Kalksteinplatten. Eine derselben von 10 Centimeter Länge und 6 Centimeter Breite trägt auf beiden Seiten Tierzeichnungen, und zwar auf der einen 3, auf der anderen 4. Auf der einen Seite ist zunächst die Zeichnung eines mit Sicherheit als Wildesel oder Steppenesel zu bezeichnenden Tieres zu erwähnen. Unterhalb erblickt man ein kleines offenbar derselben Spezies angehörendes Wesen in einer Stellung, die, wie es scheint, Furcht ausdrücken soll. Das dritte auf derselben Seite der Platte gezeichnete Geschöpf ist ein Renntier, welches von links nach rechts gegen den grofsen Steppenesel vorspringt. Schwieriger zu entwirren war die andere Seite, deren Linien erst durch das Studium der in doppelter Gröfse des Originals angefertigten Photographie sich entziffern liefsen. Es konnten 2 mit Kinnbärten ver-

sebene vorgestreckte Pferdeköpfe mit deutlich dargestellten Mähnen erkannt werden. Eine andere darüber quer verlaufende Zeichnung läfst ein den Kopf abwärts haltendes Mammutb mit einem zwiecben den Beinen weit herabhängenden Rüssel erkennen. Weniger leicht deutbar, aber auf einen Steppenesel bezüglich ist die vierte und letzte Zeicbnung dieser Seite. Besonders die Zeicbnung des Mammutbs, von welcbem keine Knochenüberreete in der Ablagerung selbst gefunden sind, weist darauf hin, dafs daseelbe während dieeer Zeit noch lebte und den dortigen Jägern bekannt war.

Aus der Zeit der grauen Kulturschicht stammen fernerbin eine ganze Reihe von Gräbern. Bei der ersten Aushebung dieser Gräber wurden die älteren Schichten zum Teil mit auegeworfen, und ihr Inhalt vermischte eich mit demjenigen aus der neolithischen Periode, so dafs eine aufserordentliche Sorgfalt dazu gehörte, mit Sicherheit das Alter dieser Gräber festzustellen. Dadurch, dafs man die Gräber für sicb aushob und ibre Einschlüsse besonders aufbewahrte, konnte aber mit voller Bestimmtbeit der Nachweie geführt werden, dafs dieselben dieser und nicbt etwa einer der paläolithischen Scbichten angehören. Mit derselben Sicherheit kann aber auob die Thatsache angegeben werden, dafs mit Ausnahme von drei Skeletten, die in viel späterer Zeit hier zur letzten Ruhe eingebettet wurden, die sämtlichen übrigen sehr alt eind und nicbt aus neuerer Zeit herrühren. Diese Reste liegen nämlich unter einer völlig ungestörten Humusscbicht, waren häufig sogar in ganz reine Aeche eingebettet und batten keine Beigaben aus neuerer Zeit. Beechaffenheit und Farbe der Knochen etimmten mit den in der grauen Schicht gefundenen, in primärer Lagerstelle ruhenden Tierknochen vollkommen überein. Es ist anzunehmen, dafs nicht die Pfahlbauer, die am Ufer des Bodensees in derselben Zeit ihre Niederlassung hatten, sondern die den Wald bewohnenden neolithischen Menschen hier ihre Toten begruben. Dafür spricbt auch, dafs nur aufserordentlich wenig geschliffene Steinwerkzeuge, wie sie aus der Pfahlbauzeit am Unter- und Bodensee zu Taueenden sich finden, hier angetroffen wurden, sondern dafe man nur ein einziges Bruchetück einer Jadeitaxt nebst einer Anzahl von angescbliffenen Steinen neben weit überwiegenden Mengen von gescblagenen Steingeräten angetroffen hat. Diese Waldmenschen standen offenbar auf einem etwas tieferen Kulturstandpunkt als die Pfahlbauer der Schweizeriscben Seen und gehören vielleicht aus diesem Grunde einer etwas älteren Rasse als jene an. Die Lagerungsbeziehungen der Skelette zu den dieselben umgebenden Aschenmengen deuten an, dafs bei der Be-

stattung der Leichen mächtige Feuer angezündet wurden, woraus man schliefsen kann, dafs hochstämmige Wälder jetzt bereits die Anhöhen deckten und das nötige Brennmaterial zu der wahrscheinlich feierlichen Bestattung lieferten. Der Umstand, dafs die Skelettknochen nicht wesentlich kalziniert sind, läfst darauf schliefsen, dafs es sich nur um eine recht unvollständige Verbrennung, die man eher als ein Braten der Leichen bezeichnen könnte, gehandelt hat. Es fanden sich im Ganzen 22 Grabstätten, in denen Skelettreste von 27 Individuen vorhanden waren, und zwar verteilen sich dieselben auf 14 erwachsene Menschen und 13 Kinder unter 7 Jahren, von denen 3 wohl erst in neuerer Zeit bestattet wurden. Es läfst sich das schliefsen aus der geringeren Tiefe der Gräber, aus der Beschaffenheit der Knochen, aus den Metallbeigaben und aus der Störung der jüngsten Humusschicht. Von den übrigen 10 Kindern waren 3 neugeborene; 2 von diesen scheinen mit ihren Müttern zusammen sorgsam bestattet zu sein. Ihre Gräber enthalten keine Beigaben, während die übrigen 8 Kinder einzeln beerdigt wurden und Beigaben aus Serpularöhrchen und Feuersteingeräten mit in das Grab erhielten. 2 Kindern wurden aufserdem noch je eine Kralle eines Raubtieres mit in die Gruft gegeben. Die Serpularinge (cylindrische Kalkpanzer der im Meere noch heute lebenden Röhrenwürmer) stammen wahrscheinlich aus dem mittelländischen Meer, und die neolithischen Menschen kamen entweder von dort und brachten jene Röhrchenfragmente als Schmuckgegenstände mit oder hatten mit den Mittelmeerküsten einen Tauschverkehr. Das Grab eines Kindes war mit gröfseren und kleineren Kalksteinblöcken sowie mit plattigen alpinen Geschieben trocken ausgemauert und so in eine Steinkiste umgewandelt, in welcher die kleine Leiche bestattet wurde. Die Lage der Serpularinge in der Halsgegend weist deutlich darauf hin, dafs dieselben auf einen Faden gereiht als Schmuck dienten. Dies Grab ist vollständig erhalten in das Museum übergeführt worden. Eine überraschende Thatsache konnte durch das Studium der Skelettreste in diesen zahlreichen Gräbern festgestellt werden, diejenige nämlich, dafs in der neolithischen Zeit am Schweizersbild zwei ganz verschiedene Menschenrassen wohnten. Es wurden nämlich gefunden:

a) Knochenreste von 9 Menschen, die eine ansehnliche Körperhöhe besafsen, wie sie unter uns als Regel angesehen werden kann, und zwar 1600 mm und darüber;

b) Knochenreste von 5 Menschen, welche offenbar von Pygmäen herrühren, d. h. von Menschen mit einer Körperhöhe

weit unter 1600 mm, deren kleiner Wuchs gleichwohl nichts mit dem auf krankhafter Anlage beruhenden Zwergwuchs gemein hat.

Das Schweizersbild liefert also Beläge, dafs in Europa während der neolithischen Periode neben den hochgewachsenen Varietäten des Menschen auch eine pygmäenhafte gelebt hat, so wie dies noch heute in anderen Kontinenten der Fall ist und offenbar auch schon in den ältesten Zeiten der Fall war. Diese Pygmäen müssen als Formen aufgefafst werden, welche einer früheren Entwickelungsperiode des Menschen angehören, als die hochgewachsenen Varietäten; sie waren wohl die Vorläufer der grofsen Varietäten des Menschen. Dabei ist der Körpertypus durchaus menschlich; die Knochen der Pygmäen des Schweizersbildes sind geradezu grazil zu nennen, und ihre affenähnlichen Eigenschaften lassen keine gröfsere Annäherung an den Affentypus erkennen als die der grofsen Varietäten des Menschen der verschiedenen Kontinente.

Durch die Entdeckung von Pygmäen unter den menschlichen Skelettresten unserer Niederlassung tritt Europa in die Reihe der Kontinente ein, welche Pygmäen aufweisen; ja noch mehr: Die ganze Entwickelungsgeschichte der Menschen erhält durch diese aus der Steinzeit stammenden Pygmäen einen neuen und gänzlich unerwarteten Hintergrund. Die Pygmäen des Schweizersbildes stellen höchst wahrscheinlich einen früheren Menschen, eine der Erstlingsformen des Anthropos, dar.

Einen tiefen Blick in das Gemütsleben dieser Zwergmenschen gewährt der bereits angedeutete Umstand, dafs die zwei Pygmäenfrauen mit ihren neugeborenen Kindern aufs sorgsamste bestattet wurden und dafs der Einen derselben ihr Kind auf den rechten Arm gegeben wurde, welches sie mit dem linken, quer über die Brust liegenden Arme festhielt.

5. Die Humusschicht. Die ganze Niederlassung wurde von einer aus Breccie, Geröll und humifizierter Erde gebildeten, 40 cm mächtigen obersten Schicht bedeckt. In ihr lagen bunt durcheinander ältere und neuere, glasierte und unglasierte Topfscherben, Bruchstücke von Dachziegeln, Thonröhren, zerbrochene Glasgegenstände vom flachen Spiegelglas bis zu den Überresten der geblasenen Kognakflasche des modernen Jägers, eine Menge von eisernen Gegenständen, Nägel in allen Formen, Metallknöpfe, Schrauben, Hufeisen und viele andere Dinge, zu denen noch die Knochenreste der Mahlzeiten der Jäger aus den verschiedensten Zeiten dazukommen. Offenbar diente

der einladende Platz auch in der geschichtlichen Zeit noch wandernden Horden, Kriegsvolk und anderen Menschen als gelegentlicher Aufenthaltsort zur Rast und zur Einnahme der Mahlzeiten. Unter den Tierresten finden sich fast alle unsere Haustiere, der Elch, der Edelhirsch, das Reh, der Hase und der Marder. So führt uns diese Schicht unmerklich hinüber in unsere Tage, ohne dafs es möglich gewesen wäre, noch eine weitere Gliederung vorzunehmen.

Professor Nüesch aber hat sich nicht damit begnügt, die einfache Folge der zu verschiedenen Zeiten nacheinander dieses Gebiet belebenden Tiergesellschaften festzustellen, sondern er hat auch versucht, absolute Zahlenwerte für die einzelnen Entwicklungsphasen zu gewinnen. Es ist bekannt, dafs Versuche, unsere Chronologie in die prähistorische, geologische Vergangenheit einzuführen, schon vielfach gemacht sind. Es kann sich dabei selbstverständlich immer nur um Wahrscheinlichkeitsangaben handeln. Wenn aber solche Altersbestimmungen an einer grofsen Anzahl von Punkten und auf der allerverschiedensten Grundlage ausgeführt werden, so kann man denselben doch einen gewissen Wert insofern nicht absprechen, als sie uns Maximal- und Minimalwerte an die Hand gehen. Es ist schon als ein grofser Vorzug zu betrachten, dafs durch solche absoluten Zeitberechnungen die phantasievolle Annahme von Jahrhunderttausenden für die seit dem Ende der Eiszeit verstrichene Periode auf ein weit bescheideneres Mafs zurückgeführt ist, sodafs wir heute sagen können, dafs seit dem Ende der Eiszeit kaum ein längerer Zeitraum als etwa 20—30 000 Jahre vergangen ist. Nüesch ist bei seiner Berechnung davon ausgegangen, dafs das Ende der neolithischen Zeit ungefähr 4000 Jahre, nach allgemeiner Annahme, hinter der Gegenwart zurückliegt, und er hat ferner angenommen, dafs die Breccienbildung am Fufse des Felsens seit dem Ende der Diluvialzeiten in ziemlich gleichmäfsiger Weise vor sich gegangen ist. Der oben erwähnte Umstand, dafs diese Breccienbildung den Einwirkungen der atmosphärischen Wasser und den transportierenden Wirkungen der an der Oberfläche fliefsenden Gewässer vollkommen entzogen ist, läfst diese Annahme zum mindesten als nicht ganz unwahrscheinlich erscheinen. Da nun seit dem Ende der neolithischen Zeit, also in den angenommenen 4000 Jahren, sich eine Schicht von 40 cm Mächtigkeit gebildet hat, so ist die Grundlage für die chronologische Berechnung gewonnen, wenn man annimmt, dafs jedes Jahrhundert 1 cm Schichtzuwachs geliefert hat. Unter dieser Voraussetzung ergiebt sich nun folgendes Alter für die einzelnen Perioden:

1. Die historische Zeit: 4000 Jahre;
2. Die Pfahlbauerzeit oder die jüngere Steinzeit: 4000 Jahre;
3. Die Zwischenzeit zwischen der jüngeren und der älteren Steinzeit: 8000 bis 12000 Jahre;
4. Die ältere Steinzeit oder die paläolithische Zeit mit der Steppen- und Tundrafauna: 8000 Jahre.

Man kann demnach unter Berücksichtigung des Umstandes, dafs unmittelbar nach dem Ende der Eiszeit wahrscheinlich erst Jahrtausende verfliefsen mufsten, bis der Mensch sich bleibend beim Schweizersbild ansiedelte, annehmen, dafs seit dem erstmaligen Auftreten des Renntierjägers am Schweizersbild höchstens 20000 Jahre verflossen sind.

Annähernd decken sich diese Angaben mit den Untersuchungen, die Prof. Heim an Schweizer Seen über das absolute Alter der seit dem Ende der Eiszeit verflossenen Zeit angestellt hat. Er ermittelte dasselbe aus den Ablagerungen, welche die Muotta und die Reufs in den Vierwaldstättersee seit dem Rückzug der letzten Vergletscherung machten, und erhielt für die Zeit, welche seit dem Rückzug der Gletscher aus den grofsen Seebecken der inneren Schweiz verstrichen ist, als wahrscheinlichste Gröfse ca. 16000 Jahre. Ebenso haben Prof. Dr. A. Brückner in Bern und Herr Dr. Steck (Jahresbericht der Geogr. Ges. von Bern für die Jahre 1891—1892) das Alter der Geschiebeablagerungen zwischen dem Brienzer- und dem Thunersee, des sogen. „Bödeli", zu 20000 Jahren berechnet und das Alter der Aare-Anschwemmungen oberhalb des Brienzersees zu 14000 bis 15000 Jahren angesetzt.

Dafs diese Zahlen etwas niedriger sind, als die von Nüesch gewonnenen, erklärt sich vielleicht daraus, dafs beim Schweizersbild der Mensch schon lange hausen konnte, bevor Reufs und Muotta ihre Deltas in den Vierwaldstättersee hineinschoben.

Denjenigen Lesern, die sich für die hier auszugsweise mitgeteilten Ergebnisse der Arbeiten des verdienten Schweizer Gelehrten näher interessieren, kann nicht genug empfohlen werden, auf die Originalschrift, die an der eingangs erwähnten Stelle erschienen ist, zurückzugreifen. Der Verfasser möchte an dieser Stelle nochmals der hohen Befriedigung Ausdruck geben, die ihm das Studium der unglaublich reichhaltigen, von Prof. Nüesch zusammengebrachten Sammlung an Ort und Stelle gewährt hat, und dem Gelehrten seinen Dank und seine Anerkennung für die Belehrung aussprechen, die er ihm bei Gelegenheit dieses Besuches nach jeder Richtung hin hat zu teil werden lassen.

Helium und Parhelium eind die beiden Beetandteile, welche aller Wahrsoheinlichkeit naoh das Cleveitgas zueammeneetzen, von ihren Entdeckern Prof. Runge und Paechen genannt worden. Wir eind heute in der Lage, die hoohintereeeante epektralanalytieohe Untersuchung des Cleveitgasee an der Hand einer schematischen Darstellung der von Runge und Paeohen naohgewieeenen Spektrallinien etwae eingehender zu besprechen und damit die bereits früher dieeem Gegenstande gewidmeten Mitteilungen[1]) zu ergänzen. — Zu oherst zeigt une die Ahhildung dae eehr linienreiche Geeamtspektrum des Cleveitgases, in welches die genannten Forsoher mit Hilfe ihrer von une gleichfalls echon früher[2]) beeproohenen geeetzmäfsigen Zueammenfaseung ganzer Reihen von Linien treffliche Ordnung zu hringen im etande waren. Im ganzen liefeen eich nämlich die in uneerem obersten Spektralhilde wiedergegehenen Linien in die darunter angegebenen eeohe Reihen ordnen, deren jede der Balmereohen Formel gut gehoroht. Die beiden die helleten Linien[3]) dee ganzen Spektrums enthaltenden Reihen faesen Runge und Paschen als die Hauptreihen zweier versohiedener Elemente, des Heliume und Parheliums auf, während die ührigen vier Reihen, wie ee uneere Abhildung zeigt, ale Nehenreihen dieser selben Elemente gelten, wobei für die Zuordnung der Nehen- und Haupt-Reihen gewieee Gründe mafsgehend waren, die wir hier füglich ühergehen können. Es wird auoh ausreiohend eein, wenn wir die Formeln zur Berechnung der einzelnen Linien nur für die beiden Hauptreihen angehen. Bezeichnet man die in zehnmilliontel Millimeter ausgedrückte Wellenlänge mit λ, so erhält man die Wellenlängen aller Linien in beiden Hauptreihen, indem man in den folgenden Formeln der Zahlen eucoessive die Werte 2, 3, 4 und so fort heilegt.

[1]) Vergl. Himmel und Erde, Bd. VIII S. 185.

[2]) Bd. VI S. 334.

[3]) Es mufs hier bemerkt werden, dafs unsere Zeichnung weder die Helligkeitsunterschiede, noch auch, wegen des kleinen Mafsstabes, die Duplizität der meisten Heliumlinien zur Anschauung bringt.

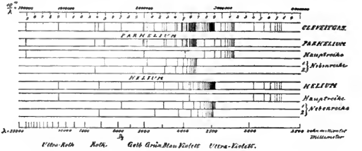
Formel für die Helium-Hauptreihe:

$$\frac{10^{10}}{\lambda} = 3\,845\,532{,}4 - 1{,}098\,919\ \frac{10^7}{n^2} - 1{,}4507\ .\ \frac{10^6}{n^3}.$$

Formel für die Parhelium-Hauptreihe:

$$\frac{10^{10}}{\lambda} = 3\,202\,986 - 1{,}09\,537\ .\ \frac{10^7}{n^2} + 1{,}9636\ .\ \frac{10^5}{n^3}.$$

Für das Auge sichthar sind jedooh nur diejenigen Linien, deren Wellenlänge etwa zwischen 4000 und 7600 zehnmilliontel Millimeter liegen; die dichtgedrängten Liniengruppen, welche die Grenze jeder Reihe am violetten Ende darstellen, sind erst mit Hilfe der Photographie in Übereinstimmung mit den Formeln aufgefunden worden, während die für $n = 2$ aus den heiden obigen Formeln sioh ergehen-



den Linien $\left(\frac{10^{10}}{\lambda} = 917\,032 \text{ und } \frac{10^{10}}{\lambda} = 489\,131\right)$ erst nach Feststellung ihrer aus der Formel erschlossenen Lage mittelst holometrischer Absuchung des ultraroten Spektralendes genau an der vorausherechneten Stelle aufgefunden wurden, ein glänzender Triumph dieses ersten Ansatzes einer theoretisohen Spektralanalyse. Wie man aus den obigen Formeln erkennt, existiert für jede Reihe auf der ultravioletten Seite eine Grenze, his zu welcher überhaupt dieselbe nur reichen kann; wir erhalten als Grenze, wenn wir $n = \infty$ setzen, für die Heliumreihe $\frac{10^{10}}{\lambda} = 3\,845\,532{,}4$ und für die Parheliumreihe $\frac{10^{10}}{\lambda} = 3\,202\,986$. Wio man aus der Ahhildung sieht, reichen die thatsächlich aufgefundenen Linien bis nahe an diese Grenze hinan, und werden dieselhen mit der Annäherung an selbige immer dichter und zugleich lichtsohwächer. Für die Nebenreihen liegen diese Grenzwerte für $\frac{10^{10}}{\lambda}$ viel weniger tief im Ultravioletten, und zwar für die Helium-Neben-

reihen nahe bei 2920000, für die Parhelium-Nebenreihen unweit 2720000.

Was nun das Vorkommen der Bestandteile des Cleveitgases in den Atmosphären der Weltkörper betrifft, so zeigen sich zwar auch hier die Spuren beider Gase meist vergesellschaftet, jedoch sind bald die Intensitäten der einen, bald diejenigen der anderen Liniengruppen gröfser, woraus schon Lockyer und Deslandres auf die chemische Duplizität des Cleveitgases geschlossen hatten. In der Sonnenchromosphäre sind nur die Helium-Linien regelmäfsig zu erkennen, während die Parhelium-Linien selten beobachtet werden, dagegen zeigte umgekehrt die Nova Aurigae anfangs die Parhelium-Linien recht hell, die Helium-Linien aber nur sehr schwach. Nebelflecke lassen vorwiegend wieder nur das Helium erkennen.

Da die bis jetzt noch ziemlich rätselhafte Thatsache, dafs die hellste Helium-Linie (D_3) als dunkle Linie im gewöhnlichen Sonnenspektrum fehlt, auch für die übrigen uns jetzt bekannt gewordenen Helium-Linien zutrifft, so können wir uns nicht wundern, dafs in den gewöhnlichen, typischen Fixsternspektren keinerlei Cleveitgaslinien zu finden sind. Sterne jedoch, bei denen das Photosphären-Licht von dem Glanz der Chromosphäre überstrahlt wird, und die uns deshalb helle Spektrallinien erkennen lassen, enthielten durchweg auch die Cleveitgas-Linien. Bei β Lyrae ist die Zahl der Helium-Linien sogar gröfser als die der Wasserstofflinien. Die gleichfalls zum ersten Typus gehörenden sogenannten Orionsterne, deren Spektra in auffallendem Mafse wie umgekehrte Nebelspektra aussehen, zeigen die Helium-Linien besonders schön, jedoch sind Sterne dieser Art von Vogel und Scheiner in gröfserer Anzahl auch aufserhalb des Orions in den verschiedensten Himmelsteilen aufgefunden worden.

Obwohl nach alledem die chemische Duplizität des Cleveitgases kaum noch einem Zweifel unterliegen kann, haben die beiden Bestandteile im Laboratorium doch noch nicht getrennt dargestellt werden können, und auch in der Sternenwelt scheinen beide Elemente stets mit einander gepaart aufzutreten. In seinem physikalischen Verhalten zeigt das Cleveitgas übrigens einige recht merkwürdige Eigentümlichkeiten; so kann man z. B. durch blofse Druckveränderung bald die Helium-Linien, bald die Parhelium-Linien im Spektrum stärker hervortreten lassen, und es ist auf diese Weise gelungen, sowohl grün als auch gelb aufleuchtende Geifslersche Röhren zu erhalten, indem bei den ersteren die Parhelium-Linie bei $\lambda = 5016$, bei letzteren die Linie D_3 ($\lambda = 5876$) für die aus dem Zusammenleuchten aller

Linien hervorgehende Mischfarbe den Ausschlag giebt. Ferner hat Ramsay gefunden, dafs man das Cleveitgas durch Diffusion in den leeren Raum in zwei Teile spalten kann, deren Dichtigkeiten (2,133 und 1,874) erheblich verschieden sind. Ramsay glaubt dies durch die Hypothese erklären zu können, dafs die verschiedenen Gasmolekel vielleicht ungleiche Gröfse haben, sodafs durch die Diffusion die leichteren Molekel von den schwereren sich gewissermafsen aussieben lassen.

Wir sehen also, dafs die spektralanalytische Forschungsmethode durch die Entdeckung des irdischen Heliums auch der physikalischen Chemie neue Probleme eröffnet hat, wie denn überhaupt diese Auffindung eines auf der Sonne schon längst als vorhanden erwiesenen, auf Erden bisher aber vergeblich gesuchten Stoffes den Forschungseifer nach jeder Richtung hin neu zu beleben und anzuspannen geeignet ist. F. Kbr.

Neuere photometrische Methoden.

Um die Leuchtkraft zweier Himmelskörper mit einander zu vergleichen, wird es am einfachsten erscheinen, beide zugleich oder kurz hintereinander mit dem Auge zu beobachten, und, wenn eine direkte Vergleichung aus diesem oder jenem Grunde unmöglich sein sollte, einen Körper von mittlerer Leuchtkraft als Vermittler heranzuziehen oder das Licht des einen von beiden künstlich so zu schwächen, dafs es mit dem anderen gleich hell erscheint. Aber in diese Art der Beobachtung werden alle Fehler des menschlichen Auges, das bekanntlich — wie jeder optische Apparat — Unvollkommenheiten aufweist, mit hineingehen. Auf das normale Auge wirken die gelben Strahlen des Spektrums und die ihnen benachbarten am stärksten ein. Ein mit solchen Strahlen besonders begabter Stern wird also relativ heller erscheinen, als ein an sich intensiver strahlender, der etwa relativ reicher an kurzwelligen Strahlen wäre. Das liegt wenigstens zum Teil daran, dafs die Augenflüssigkeiten gerade die letztgenannten Strahlengattungen in hervorragendem Mafse verzehren. Sodann ist kaum zu erwarten, dafs die Augen zweier sonst normaler Beobachter so genau mit einander übereinstimmen, dafs nicht gerade in Bezug auf Intensitätsschätzungen Unterschiede vorkommen, die viel beträchtlicher sind als die Fehler, denen der einzelne unterworfen ist. Hiermit ergiebt sich die Notwendigkeit, da bisher die Möglichkeit, die Wahr-

nehmungen verschiedener Himmelsforscher auf eine Art Normalbeobachter zu reduzieren, nicht vorliegt, nach Methoden zu suchen, die unabhängig vom menschlichen Auge eine Vergleichung der von verschiedenen Sternen gelieferten Lichtmengen gestatten.

Von den Wirkungen des Lichtes, durch welche man ein Mafs für die Intensität der Strahlungen zu erlangen hoffen darf, sind die chemischen und die elektrischen diejenigen, die am nächsten liegen. Aber freilich sind es ganz andere Strahlen, denen hauptsächlich photochemische und aktinoelektrische Wirkungen zugeschrieben werden müssen, als diejenigen, denen der Haupteinflufs auf das menschliche Auge beizumessen ist. Man wird also auf diesem Wege nicht erwarten dürfen, dasselbe Mafs der Lichtintensität wie bei den direkten Beobachtungen zu erlangen, sondern man wird eine chemische und eine elektrische Intensität des Sternenlichtes herausbekommen, die — an sich wissenswert — doch mit den gewöhnlichen photometrischen Messungen nicht unmittelbar zu vergleichen sind.

Eine auf chemische Wirkungen gegründete Methode hat neuerdings Prof. Janssen zu Meudon bei Paris angewendet, um die Intensität des Sternenlichtes zu eruieren.[1]) Als Grundlagen der Bestimmungen dienen die Expositionszeiten, welche erforderlich sind, um auf einer photographischen Platte dieselbe Wirkung hervorzubringen. Im Falle von Fixsternen wird die Platte nicht genau in den Brennpunkt der Objektivlinse des photographischen Teleskopes, sondern ein wenig innerhalb gestellt, so dafs eine Scheibe oder ein „stellarer Kreis“ das nahezu punktgleiche Bildchen, das man gewöhnlich erhält, ersetzt. Durch Probieren einer Reihe von Expositionszeiten an einem Stern und einer ebensolchen an dem mit ihm zu vergleichenden Sterne erhält man zwei Bilder von derselben Dichtigkeit, und die photochemischen Intensitäten der beiden Sterne verhalten sich dann umgekehrt wie die entsprechenden Expositionszeiten. Will man das Licht eines Sternes mit dem der Sonne vergleichen, so wird ein dunkler Schirm, der mit Löchern von derselben Gröfse wie die „stellaren Kreise“ durchbohrt ist, vor die photographische Platte gestellt. Diese Löcher lassen das Sonnenlicht zur Platte zu in dem Augenblicke, in dem eine dreieckige Öffnung in einer andern Metallplatte bei Auslösung einer Feder über sie hinweggeschnellt wird. So erhält man eine Reihe von Kreisen verschiedener Lichtstärke, die mit den „stellaren Kreisen“ direkt verglichen werden können. Das aschfarbene Licht des Mondes giebt mit

[1]) Bull. Soc. astr. de France, 1895 Febr. S. 47.

einem Objektivglase von 50 cm Durchmesser und einer Fokallänge von 1,60 m in einer Minute ein Bild mit denselben Details, welche der Vollmond bei $^1/_{80}$ Sekunde Expositionszeit liefert. Hieraus folgt, dafs das aschfarbene Licht 4800 mal schwächer als das des Vollmondes ist, während Arago bei zwei verschiedenen Gelegenheiten die Verhältniszahlen 4000 resp. 7000 gefunden hatte.

Besonders in Bezug auf die Intensität der Nebelflecke verspricht sich Janssen gute Erfolge. Auf derselben Platte, auf der er einen Nebel aufgenommen hat, wird eine Reihe von „stellaren Kreisen" abgebildet, indem man das Instrument auf einen benachbarten Stern einstellt, der kein Zeichen von Veränderlichkeit zeigt. Will man später eine mit dieser Aufnahme genau vergleichbare Photographie des Nebels erhalten, so wird es nur nötig sein, mit Hülfe von stellaren Kreisen die dazu erforderliche Expositionszeit festzustellen. Für den Kometen b 1881 findet Janssen, dafs die Intensität mit der vierten bis sechsten Potenz der Entfernung vom Kern abnahm.

Die elektrische Wirkung des Lichtes war zuerst an einer „Selenzelle" bekannt. Läfst man Licht auf metallisches Selen fallen, so wird es zu einem besseren Leiter der Elektrizität, als es ohne Belichtung war. Hierauf gründet sich die photoelektrische Zelle von George M. Minchin.[2]) Dieselbe besteht aus einem Glasröhrchen, in welches zwei Aluminiumdrähte als Pole des elektrischen Stromes eingeführt werden, während eine Füllung von Aceton als Flüssigkeit dient. Der eine Aluminiumpol ist mit einer dünnen Selenschicht bedeckt. Durch Bestrahlung derselben entsteht an der Berührungsfläche zwischen dem Selen und der Flüssigkeit eine elektromotorische Kraft, so dafs das mit Selen bedeckte Aluminiumblättchen eine positive, die Flüssigkeit, also auch der blanke Aluminiumpol, eine negative Ladung erhält. Indem Minchin statt des Acetons das aus dem Rizinusöl durch Destillation gewonnene Oenanthol als leitende Flüssigkeit verwendete, erreichte er eine so hohe Empfindlichkeit der Zelle, dafs sie zur Messung der Lichtstärke von Fixsternen und Planeten verwendet werden kann. Die Zelle besitzt — wie man durch Prüfung im Spektrum des Drummondschen Kalklichtes findet — eine fast konstante Empfindlichkeit für alle Farben vom äufsersten Rot bis über das Violett hinaus, und sie ähnelt insofern dem menschlichen Auge, als die maximale Wirkung im Gelb liegt. Die Messungen geschahen derart, dafs die Zelle anstatt des Okulars in ein Newtonsches Spiegelteleskop

[2]) Electrician 35,202, Nature, 1895 Juli 11, S. 248.

eingesetzt, die blanke Elektrode mit der Erde und die lichtempfindliche durch einen isolierten Kupferdraht mit einem Quadrant-Elektrometer verbunden wurde, das in einem getrennten Raume aufgestellt war. Die Empfindlichkeit dieses war eine sehr hohe: ein Leclanché-Element brachte bei 2 m Skalenabstand eine Ablenkung von 530 mm hervor. Die auf die Selenschicht fallende Strahlung ist dem Quadrate der erzeugten elektromotorischen Kraft, also dem Quadrate der Ablenkung proportional. So ergab sich für Regulus eine Ablenkung von 4,75, für Arkturus eine solche von 8,00 mm, und hieraus berechnet sich, dafs der letztere uns 2,84 mal soviel Licht als der erstere zusendet.[3]) Berücksichtigt man, dafs nach den Ergebnissen der Distanzmessungen im Himmelsraume Arkturus $5^1/_6$ mal soweit von uns entfernt ist als Regulus, so ergiebt sich, dafs die Leuchtkraft des letzteren 75,7 mal in der des ersteren enthalten sein mufs. Auch für einen Stern dritter Gröfse, wie η im Bootes, ergab sich noch eine Ablenkung von 1 mm, die einer elektromotorischen Kraft von $^1/_{357}$ Volt entsprach. Für Saturn ergab sich eine Ablenkung von 3,25 mm. Die Übereinstimmung mit den Augenbeobachtungen ist eine hinlängliche.

Es wäre wohl an der Zeit, dafs auch die lichtelektrische Zelle von Elster und Geitel, bei welcher gleichfalls ein elektrischer Strom, und zwar durch Strahlung auf Alkalimetalle, eingeleitet wird, die in einen luftleeren Glasbehälter eingeschlossen sind, zur Messung von Lichtintensitäten im Himmelsraum Verwendung fände. Sm.

Über den Ursprung des Sexagesimalsystems.

Im 7. Jahrgange unserer Zeitschrift (S. 287) haben wir über Forschungsergebnisse des Berliner Assyriologen Dr. C. F. Lehmann berichtet, welche die Entstehung des Mafs- und Gewichtswesens bei den Babyloniern betreffen. Es wurde darauf hingewiesen, dafs die Grundmafse der Babylonier den Ausgangspunkt bilden für die Entwickelung der Mafs- und Gewichtssysteme der alten Welt, und dafs die Verhältnisse der Urmafse untereinander durch die Anwendung der Sechzigteilung geregelt sind. So setzt sich ein Hauptmafs der Babylonier, die „Doppelelle" aus sechzig „Fingern" zusammen; der „Soss" ist das 360fache der Doppelelle, nämlich das Mafs von 720 Ellen etc. Die Thatsache, dafs die babylonischen Grundmafse nach dem Prinzip

[3]) Der Gröfsenunterschied ist 0,453 nach den M.schen Messungen, 0,393 nach den Photometermessungen von Seidel (Humboldt, Kosmos III S. 93 Anm. 41).

der Sechzigteilung entwickelt sind, ging auch aus einer zu Senkereh gefundenen Tafel hervor, welche eine Übersicht der babylonischen Längenmafse nach ihrer Stufenfolge enthält. Neuerdings hat Reiener durch Verwertung der auf einem andern Thontafelfunde, dem von Telloh, dargebotenen Tempelrechnungen den Aufbau des babylonischen Mafs- und Gewichtswesens nach dem Sexagesimalsystem bestätigen und, was die Entwickelung der Flächenmafse betrifft, ergänzen können. Dr. Lehmann hat aber ferner wiederholt dargethan, dafs diese Anwendung der Sechzigteilung der Mafse ihren letzten Grund in den astronomischen Erkenntnissen der alten Babylonier, namentlich ihrer Zeitrechnung, hat. Er hat sich bemüht, klar zu legen, in welcher Weise die Babylonier schon in den Anfängen der astronomischen Mefskunst aus den ihnen sich am Himmel darbietenden Bewegungs- und Mafsverhältnissen zu der Annahme der Sechzigteilung für astronomische Gröfsen gelangt sein können, und wie sie die Sechzigteilung auf das Mafs- und Gewichtssystem angewendet haben.

Nach ihm führte schon die Beobachtung, dafs dem scheinbaren Umlauf der Sonne (dem Jahre) ungefähr zwölf Mondumläufe entsprechen, zur Teilung der Ekliptik in 12 Tierkreisbilder, die ihrerseits, den Tagen des Monats ungefähr gleichkommend, wieder in 30 Teile geteilt wurden. Damit war die Einteilung eines gröfsten Himmelskreises und des Kreises überhaupt in 360 Abschnitte (Grade) gegeben. Neuerdings bringt Dr. Lehmann ganz wesentliche Ergänzungen über die Entwickelung der sexagesimalen Mafsteilung aus der babylonischen Zeitrechnung (Verhandlungen der Berliner anthropologischen Gesellschaft 1896), von denen wir das Wichtigste hier kurz wiedergeben wollen.

Die Babylonier sind wahrscheinlich schon sehr frühzeitig zur Kenntnis der Länge des Mondjahres (zu 354 Tagen) und des Sonnenjahres (zu 365 Tagen) gelangt; beide Zeitrechnungen haben lange Zeit hindurch nebeneinander in Gebrauch gestanden. In der Öffentlichkeit, in den Urkunden u. s. w. wurde, wenigstens was die spätere Zeit anbelangt, nach Mondjahren gerechnet. Dieses gebundene Mondjahr war das volkstümliche. Dagegen bedingt der aufserordentlich hohe Stand der astronomischen Kenntnisse der Babylonier, den uns Epping und Strafsmaier aufgedeckt haben, von selbst, dafs ihnen durch ihre Beobachtungen auch die Länge des Sonnenjahres, und zwar mit einer unserer jetzigen Kenntnis desselben recht nahekommenden Genauigkeit, bekannt werden mufste. Wenn also bei den Babyloniern

zweierlei Jahre, das Mondjahr zu 354 und 355 Tagen und das Sonnenjahr zu 365 in Gebrauch waren, so konnte vermutet werden, dafs möglicherweise auch ein den Übergang vom bürgerlichen Mondjahr zum astronomischen vermittelndes, auf der sexagesimalen Grundlage aufgebautes Rundjahr von 360 Tagen existiert haben kann. Die Spuren eines solchen Rundjahres finden sich nämlich bei Völkern, die chronologische und astronomische Kenntnisse entschieden von den Babyloniern entlehnt haben, z. B. bei den Indern. Die bei den Iraniern und Ägyptern übliche Rechnungsweise zu 360 Tagen und 5 Epagomenen (Zuschlagstagen) ist sicher babylonischen Ursprungs. Die Richtigkeit der erwähnten Vermutung ist nunmehr durch ein direktes Zeugnis bestätigt. Auf den früher genannten Tafeln von Telloh werden nämlich nach Reisner die Monate ausschliefslich zu 30 Tagen gerechnet. Daraus ergiebt sich der Gebrauch des Rundjahres von 360 Tagen. Das letztere setzt aber voraus, dafs die Babylonier das Jahr noch durch die 5 Epagomenen ergänzen mufsten, falls sie auf das Sonnenjahr kommen wollten. Nun ist aus Meissners Untersuchung über die Entstehung des Purimfestes bekannt, dafs die Babylonier ein 5 Tage dauerndes Fest, das Zagmukufest (Sakäenfest), d. i. das Fest des Jahranfanges, feierten. Diese Tage sind mit der Feier der Farwardigan-Tage der Perser identisch, sie fallen wie jene auf den Frühjahrsbeginn und stellen die 5 Epagomenen vor, welche zwischen den Monaten Abau, Februar und Adur, März lagen. Die Perser haben aber das Fest von den Babyloniern übernommen, wie sich aus einer Stelle bei Berossos über die Babylonier schliefsen läfst und sehr nahe liegend ist, da nicht nur auf die Perser, sondern überhaupt auf eine Reihe von orientalischen Völkern die Ausübungsweisen des Kultus der Babylonier übergegangen sind. Der Gebrauch des Rundjahres von 360 Tagen und der 5 Epagomenen-Tage bei den Babyloniern ist also als gesichert zu betrachten.

An diese Feststellung knüpft Dr. Lehmann folgende Erörterung. Eine babylonische Thontafel sagt:

40 uddani sind gleich 1 Jahr
200 uddani „ „ 1 Monat

Die Angabe der ersten Zeile „40 uddani“ sind zu verstehen als „40 Sossen“, nämlich à 60 Tagen = 2400 Tagen, womit die zweite Zeile „200 uddani = 1 Monat“ übereinstimmt. Legen wir das Rundjahr zu 360 Tagen zu Grunde, so ergeben sich dann folgende Verhältnisse:

1 uddu (Singular v. uddani) = $^{360}/_{2400}$ = $^{9}/_{60}$ Tag;
60 uddu (d. h. der Soss) = 9 Tage = $^{1}/_{3}$ Mondmonat zu 27 Tagen;
3600 uddu (d. h. der Sar) = 540 Tage = 20 Mondmonate zu 27 Tagen;
oder = 18 Monate zu 30 Tagen = $1^{1}/_{2}$ Rundjahre;
7200 uddu (d. h. der Doppelsar) = 1080 Tage = 40 Mondmonate oder = 36 Monate zu 30 Tagen = 3 Rundjahre.

Das Rundjahr von 360 Tagen ist also gleich $^{40}/_{3}$ Mondmonaten zu je 27 Tagen, und je 3 Rundjahre fassen 40 Mondmonate. Daraue wird ersichtlich, dafs die Einheit „uddu“ zum Teil auf einer Rechnung nach Mondmonaten heruht und zum Ausgleich der Mondmonate mit dem Sonnenjahr zu dienen heetimmt war. Nun ist aher interessant, zu sehen, dafs die Gleichung 40 Mondmonate = 3 Rundjahre dem von den Babyloniern angesetzten Verhältnisse des Silbers zum Golde, 40 : 3, entspricht, oder, da die Proportion

$$40 : 3 = 360 : 27$$

besteht, heim Ausdruck diesee Verhältnisses direkt die Tageszahl des sexagesimalen Rundjahres (360) und des Mondmonates (27) verwendet ist. Die Festsetzung des Verhältnieeee 40 : 3 zwischen Gold und Silber wurzelt also schliefslich in astronomischen Erkenntnissen, wohei eine gewiese Symholik (Sonne = Gold, Mond = Silher) mitspielt, und zwar fällt dahei dem sexagesimalen Aufhau seine hestimmte Rolle zu, wie in der Eutwicklung des Mafs- und Gewichtswesens. Die eexagesimale Hauptzahl 360 gilt für die Sonne, 27 für den Mond. Erstere hezeichnet auch den Bogen, den das Tagesgestirn täglich zurücklegt (den Kreis), die Zahl 27 bezeichnet die Bahn dee Mondes, nämlich die 27 „Mondstationen“, die „nakshatra“ der Inder, und aufserdem die Länge des periodischen Mondmonates. Ührigens zeigt Dr. Lehmann auch, was uns hier zu weit führen würde, in welcher Weise der Ausgleich zwischen dem Rundjahre und der Rechnung nach Mondmonaten durch das Einschalten der 5 Epagomenentage wahrscheinlich vorgenommen worden ist, und dafs sich in dieser Schaltungsweise wiederum deutlich ein Aufbau nach sexagesimaler Entwickelung erkennen läfst. Nimmt man hierzu noch die Auseinandersetzungen, welche Dr. Lehmann früher üher die strikte Verwendung der Sechzigteilung hetreffs des Mafswesens der Babylonier gegeben hat, so wird man zugehen, dafs sich durch dessen Komhinationen die

Kette der Beweise in der befriedigendsten Weise geschlossen und die Erklärung der Entstehung des Sexagesimalsystems aus astronomischen Erkenntnissen einen ganz erheblichen Schritt nach vorwärts gethan hat.

Bibliographisches

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1889. Dargestellt von der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. 45. Jahrgang. Zweite Abteilung, enthaltend: Physik des Äthers. — Redigiert von Richard Börnstein. Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg u. Sohn. 1895.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1889. Dargestellt von der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. 45. Jahrgang. Dritte Abteilung, enthaltend: Kosmische Physik. — Redigiert von Richard Afsmann. Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg u. Sohn. 1895.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1890. Dargestellt von der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. 46. Jahrgang. Erste Abteilung, enthaltend: Physik der Materie. — Redigiert von Richard Börnstein. Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg u. Sohn. 1896.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1890. Dargestellt von der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. 46. Jahrgang. Zweite Abteilung, enthaltend: Physik des Äthers. — Redigiert von Richard Börnstein. Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg u. Sohn. 1896.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1890. Dargestellt von der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. 46. Jahrgang. Dritte Abteilung, enthaltend: Kosmische Physik. — Redigiert von Richard Afsmann. Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg u. Sohn. 1896.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1894. Dargestellt von der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. 50. Jahrgang. Zweite Abteilung, enthaltend: Physik des Äthers. — Redigiert von Richard Börnstein. Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg u. Sohn. 1896.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1895. Dargestellt von der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. 51. Jahrgang. Erste Abteilung, enthaltend: Physik der Materie. — Redigiert von Richard Börnstein. Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg u. Sohn. 1896.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1895. Dargestellt von der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. 51. Jahrgang. Zweite Abteilung, enthaltend: Physik des Äthers. — Redigiert von Richard Börnstein. Braunschweig. Druck und Verlag von Friedrich Vieweg u. Sohn. 1896.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1895. Dargestellt von der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. 51. Jahrgang. Dritte Abteilung, enthaltend: Kosmische Physik. — Redigiert von Richard Afsmann. Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg u. Sohn. 1896.

Unwillkürlich drängt sich bei Betrachtung der jüngst erschienenen Bände des 51. Jahrganges der Gedanke an den Mitbegründer, Präsident und Ehrenpräsident der Physikalischen Gesellschaft, du Bois-Reymond, auf. Die Fest-Sitzung beim 50jährigen Jubiläum der Gesellschaft, bei der die ersten Röntgen-Bilder zum ersten Male in einem weiteren Kreise gezeigt wurden, hatte der greise Gelehrte noch geleitet. Im nächsten Jahre wurde auch er als einer der letzten der Führer der grofsen naturwissenschaftlichen Periode dieses Jahrhunderts vom Tode hinweggerafft.

Wie unentbehrlich die „Fortschrittte der Physik", die in kurzeu, je nach der Sachlage $^1/_4$, $^1/_2$, ganzseitigen oder auch längeren Referaten möglichst alle wichtigen physikalischen Arbeiten besprechen, den Physikern geworden sind, zeigte sich, als vor einer Reihe von Jahren in der Berichterstattung eine starke Verzögerung eingetreten war. Dringend wurde von vielen Seiten das Verlangen geäufsert, die rückständigen Arbeiten möglichst bald und schnell in Angriff zu nehmen, um dem wichtigen Nachschlagewerk durch Vollständigkeit seinen wahren Wert wiederzugeben. Das meiste ist nun schon nachgeholt worden. Nachdem Ende des Jahres 1895 die in unserm vorigen Berichte (Himmel und Erde, April 1896) noch nicht erwähnten beiden Bände 2 und 3 des Jahrgangs 1889 erschienen waren, sind im vorgangenen Jahre nicht weniger als 7. Bände der Fortschritte erschienen: Die 3 Bände des Jahrgangs 1890, der noch rückständige 2. Band des Jahrgangs 1894 und alle 3 Bände des Jahrgangs 1895. Es fehlen nunmehr in der fortlaufenden Reihe nur noch die beiden Jahrgänge 1891 und 1892, die voraussichtlich in diesem und dem kommenden Jahre mit den laufenden Jahrgäugen 1896 und 1897 erscheinen werden.

Vor Ende dieses Jahrhunderts werden wir somit dieses wichtige Werk wieder vollständig sehen und dürfen hoffen, dafs dann die Berichterstattung über die neueste Zeit immer sehr schnell wird erfolgen können. Natürlich darf man in dieser Richtung nicht zu viel verlangen, da naturgemäfs ein grofser Teil der Ende eines Jahres erscheinenden Abhandlungen, namentlich ausländischer, erst im nächsten Jahre in die Hände der Referenten gelangen. Der Dank für das Erreichte gebührt den thätigen Mitgliedern der Physikalischen Gesellschaft, besonders aber den beiden Herausgebern Prof. Börnstein und Prof. Afsmann. Dr. H. Stadthagen.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.

Himmel und Erde.

Falbs Theorieen im Lichte der Wissenschaft.

Von Prof. Willi Ule in Giebichenstein bei Halle a/S.

Es steht zweifellos fest, dafs Falb mit seiner Theorie über den Einflufs des Mondes auf das Wetter im grofsen Publikum einen ungeheuren Anhang besitzt. Er straft geradezu das Sprichwort: „Der Prophet gilt nichts in seinem Lande“ lügen. Denn wo man hinhört, überall begegnet man in Laienkreisen einer Falb zugeneigten Ansicht. Zeitschriften guten Rufes bringen noch immer die Falbschen Wetterprognosen, und selbst unter wissenschaftlich Gebildeten finden sich Jünger seiner Theorie.

Für den Mann der Wissenschaft giebt das zu denken. Haben es die Naturforscher etwa an der nötigen Belehrung und Aufklärung fehlen lassen? Das gewifs nicht; denn selbst die ersten unter den Fachgelehrten, Männer wie Förster, Köppen, van Bebber, v. Bezold, Pernter u. a., haben das Wort ergriffen, um die Irrtümer der Falbschen Denkarbeit aufzudecken. Gerade diese Zeitschrift hat sich wiederholt bemüht, das Laienpublikum aufzuklären. Wir verweisen unter andern auf den sachlichen Aufsatz von Pernter im Jahrgang 1892 über Falbs kritische Tage und auf den geistreichen Essay von Förster „Prophetentum und Hierarchie in der Wissenschaft“ im Jahrgang 1889. Warum bleibt aber alles Schreiben und Reden contra Falb ungehört? Die Antwort darauf ist für den leicht gegeben, der sich mit der Popularisierung der Wissenschaft nur einigermafsen befafst hat. Er weifs, im grofsen Publikum haften unter allen Theorieen immer die am leichtesten und festesten, die an alteingewurzelte Vorstellungen anknüpfen. Der Glaube an den Einflufs des Mondes ist aber ein uralter. An ihm halten bis auf den heutigen Tag unzählige Menschen unentwegt fest, sodafs Falb mit seiner Theorie wahrlich

einen guten Boden vorfand. Er gab ja nur ein wissenschaftliches Kleid dem, was die grofse Menge längst wufste.

Es ist in der That merkwürdig, wie fest dieser Glaube im Volke haftet. Wer die geschichtliche Entwickelung der Wissenschaft kennt, weifs, dafs in dieser Vorstellung noch ein Rest der alten Astrologie fortlebt, verändert im Sinne moderner Anschauungen. Es gab eine Zeit, wo man meinte, dafs nicht nur das Wetter, sondern auch die Geschicke der Menschen von den Gestirnen bestimmt werden sollten. Ihr verdanken wir unter anderm auch den 100jährigen Kalender, dem freilich nicht eine Periode von 100 Jahren, sondern nur eine solche von 7 Jahren, der Zahl der damals bekannten Planeten, zu Grunde liegt. Das Richtige in allen diesen Vorstellungen ist die Wahrnehmung, dafs die Sonne einen mafsgebenden Einflufs auf die Witterung und auf die Menschen ausübt. Daran knüpfte sich dann die Behauptung, dafs auch den übrigen Gestirnen eine Einwirkung zuzusprechen sei. Der Mond mit seinem schnellen Phasenwechsel schien geradezu ein Abbild des unbeständigen Wetters zu sein.

In dieser dominierenden Stellung im Mechanismus der atmosphärischen Erscheinungen ist der Mond nun bis auf den heutigen Tag geblieben. Irrtümliche, mifsverstandene Beobachtungen haben den Laien in seinem Glauben bestärkt. Namentlich sind es Landleute, welche auf Grund ihrer eigenen Wahrnehmungen fest von dem Einflufs des Mondes überzeugt sind. Wie leicht sich da aber thatsächlich Irrtümer einschleichen können, das lehrt allein schon folgendes Beispiel. Der Mond soll im Winter Kälte bringen. Wenn heller Vollmond am Himmel steht, dann wird es kalt. Allerdings wird es dann kalt, aber nicht, weil der Mond so hell vom wolkenlosen Himmel scheint, sondern weil der Himmel wolkenlos ist, und der Erdboden darum unbehindert seine Wärme in den kalten Weltraum ausstrahlt. Zugleich aber mufs der Mond sichtbar sein. Es würde wärmer sein, wenn der Himmel bedeckt wäre. Dann stände der Mond auch dort oben im Vollmondsglanz, aber sein Antlitz bliebe uns verhüllt. Ursache und Wirkung sind hier in der Volksanschauung vertauscht. Ähnlich verhält es sich mit dem Glauben, dafs der Mond bei dem Wechsel seiner Phasen auch eine Änderung des Wetters hervorbringe. Besonders soll mit dem Eintritt des Vollmondes stets ein Umschlag der Witterung verbunden sein. Auch hier liegt der Behauptung keine sachliche Untersuchung zu Grunde. Man bewahrt nur jede thatsächliche Witterungsänderung bei Vollmond ganz natürlich mehr im Gedächtnis als die gegenteilige Erscheinung, die dem nichtkritischen Beobachter entgeht.

Die Wissenschaft hat diesem alten Volksglauben auch sein volles Recht angedeihen lassen und ihn mit Sorgfalt und Fleifs geprüft. Wenn auch heute die Akten über diese Untersuchungen noch keineswegs geschlossen sind, so steht doch zweifellos fest, dafs ein deutlich wahrnehmbarer, ein mafsgebender Einflufs des Mondes auf die Witterung nicht vorhanden ist. Darum aber, sagt van Bebber, mufs es als durchaus verwerflich bezeichnet werden, den Mond für die ausübende Witterungskunde zu verwerten und auf ihn irgendwelche Wetterprognosen zu gründen.

Das aber hat Falb gethan, und wie er, nur mit geringerem Erfolg, Overzier in Köln und Friesenhof in Ungarn. Das Vorgehen dieser Männer ist um so tadelnswerter, als sie niemals einen wissenschaftlichen Beweis für ihre Theorieen gebracht haben, sich vielmehr an die grofse Menge wandten, die die Richtigkeit nicht zu prüfen imstande war, die aber den ihrer Vorstellung so gut angepafsten Lehren gern Gehör schenkte.

Und das ist der zweite Grund, warum Falb trotz seiner zahlreichen wissenschaftlichen Gegner nicht stürzte. Auch er stand den gegen ihn gemachten Angriffen nicht Rede, sondern ging, als er aus dem Kreise der Fachmänner wegen seiner Unwissenschaftlichkeit gebannt war, hinaus in das Volk. Dort trat er als Märtyrer der Wissenschaft auf. Alles nahm Partei für den armen, geächteten Mann, und Falh ward der Held des Tages.

Es kam hinzu, dafs Falbs Vortragsweise ganz dazu geeignet war, ihn hei den Leuten beliebt zu machen. Er spricht schlicht und einfach, überzeugend und fesselnd. Als ich ihn zum ersten Mal hörte, bin ich ihm mit Fleifs gefolgt. Ich war erstaunt, wie geschickt er Hypothese und Thatsache zu verknüpfen verstand, wie er auf solch hypothetischer Grundlage eine Theorie nach der andern aufbaute. Endlich überraschte oder besser überrumpelte er seine Zuhörer mit einer Reihe von Schlüssen, die so sicher hegründet erschienen wie nur etwas. So bewies er mit Geschick, dafs 1899 die Welt mit Stoffen wie Benzin und Petroleum überschüttet werden würde. Trotz des Absurden der Sache, waren doch viele von der Richtigkeit seiner Ausführungen vollkommen überzeugt.

Gegen diese Männer ist schwer anzukämpfen. Wer sich nur wissenschaftlich beschäftigt, verliert leicht die Fähigkeit, die Resultate der Wissenschaft auch dem Laien zugänglich zu machen. Und Falh war nur zu schlagen, wenn ihm ein gleich gewandter Redner und

Lehrer gegenübertrat. Ja auch dieser ist ihm gegenüber noch im Nachteil, da das Publikum von vornherein auf Falbs Seite steht.

Ein zweiter Grund, warum das Volk trotz aller Entgegnungen und Mifserfolge noch immer so treu zu seinem Wetterpropheten hält, ist wohl der, dafs zu selten die Falbsche Theorie selbst zum Gegenstande der Kritik gemacht worden ist. Man hat hier und da einzelne Punkte aus seiner Theorie herausgegriffen oder sich auch ganz allgemein gegen Falb gewendet, immer in der Voraussetzung, dafs das Publikum über seine Theorie genügend unterrichtet sei. Allein wie viele Menschen wissen denn, was Falb eigentlich gelehrt hat?

Falb hat seine Theorie unter anderem niedergelegt in dem bekannten Buche „Von den Umwälzungen im Weltall". Zu seiner Lehre vom Einflusse des Mondes auf das Wetter kam er erst mittelbar. Er hatte zuvor seine nicht minder angreifbare Erdbebentheorie aufgestellt. Es ist kennzeichnend für ihn und seine ganze Forschungsmethode, wie er diese fand. In dem genannten Buche teilt er mit, dafs er für den 7. Februar 1868 eine besonders starke Wirkung des Mondes vorausberechnet habe. An diesen Tage trat nun nicht blofs besonders hohe Flut auf dem Meere ein, sondern es liefen auch Berichte von mehreren Erdbeben ein. „Ich wurde davon überrascht", sagt Falb, „und legte mir die Frage vor: Sollte dieses Zusammentreffen von zahlreichen Erdbeben mit den Hochfluten des Meeres nur Zufall sein, oder liegt hier vielleicht ein noch unbekanntes Gesetz zu grunde? Und es dauerte nicht so lange, als ich nötig hatte dieses auszusprechen, war ich mit mir selbst im Reinen". Und seine Theorie vom Einflusse des Mondes auf die Erdbeben war fertig. Das Erdinnere ist ja noch flüssig, also mufs es wie das Meer einer Ebbe und Flut unterworfen sein, die jene Erdbeben erzeugt. Man möchte ihm da wohl zurufen: Schnell fertig mit dem Schlusse ist der Falb!

Mit ähnlicher Geschwindigkeit kam er zur Entdeckung der atmosphärischen Ebbe und Flut, auf welche sich seine Wetterprognosen gründen. Auch hier ging er von zufälligen Berichten über Wetterkatastrophen an Hochfluttagen aus.

Nachdem Falb die oceanische Ebbe und Flut aus der Anziehung von Sonne und Mond, übrigens in einer durchaus angreifbaren Form erklärt hat, fährt er fort: „Man wird sofort die Bemerkung machen, dafs dieses Gesetz von den Flutbewegungen des Meeres wohl zunächst in den Bewegungen der Atmosphäre, die ja wie ein zweiter, aber uneingeschränkter Ocean die Erde umgiebt, zum Ausdrucke kommen, oder — um es kurz zu bezeichnen — ein Einflufs des Mondes auf

das Wetter vorhanden sein müsse". Das ist so klar und einfach gesagt, dafs die Richtigkeit des Satzes eigentlich jedermann ohne weiteres zugestehen sollte. Das ist denn in Wirklichkeit auch geschehen. Kein Satz Falbs hat mehr Unheil angerichtet als gerade dieser. Denn die Übertragung der oceanischen Ebbe und Flut auf die viel leichtere Atmosphäre hat etwas so Überzeugendes, dafs selbst Gebildete darauf hineingefallen sind. Und doch hat Falb gerade hier einen seiner gröfsten Fehltritte gethan. Die Luft ist ein Gemenge von Gas und unterliegt darum ganz anderen Gesetzen als das Wasser der Oceane. Nur unter Berücksichtigung dieser Thatsache ist eine Anwendung jener Gesetze der Flutbewegung auch auf die Atmosphäre zulässig. Wenn das geschieht, und sich aus der mathematischen Diskussion des Problemes eine atmosphärische Ebbe und Flut auch ergeben sollte, so dürfen wir doch noch nicht ohne weiteres eine Parallele zwischen diesem und jenem Oceane ziehen. Denn wir dürfen nicht aufser acht lassen, dafs wir hier am Grunde des Luftmeeres uns befinden, während uns dort Erscheinungen der Oberfläche entgegentreten. Wie sich die Wirkungen einer solchen Ebbe und Flut auf dem Grunde äufsern müssen, wie sie erkannt werden können, das bleibt vor der Hand noch ein Geheimnis, das man nicht dadurch beseitigt, dafs man sich einfach darüber hinwegsetzt, wie es Falb thut. Mag er auch recht haben in Bezug auf die atmosphärische Flut, solange er uns nicht darüber belehrt, wie sich diese zu äufsern hat, bleibt seine Lehre eine wertlose Hypothese.

Dessen war sich Falb selbst sehr wohl bewufst. Sein Bestreben ist es daher von Anfang an gewesen, einen solchen Einwand thunlichst zu entkräften. Vor allem wendet er sich dagegen, dafs man mit Hilfe des Quecksilberbarometers die Ebbe und Flut nachweisen könne. Er bezweifelt, dafs dieses das geeignete Instrument sei. „Alle Argumente", sagt er, „welche gegen unsre Theorie vom Barometerstande genommen werden, sind null und nichtig." Damit ist die Sache dann für ihn abgethan.

Und doch gesteht er in einer späteren Zeit selbst zu, dafs die hervorragendsten Hochfluttage unter anderem auch charakterisiert sein sollen durch Häufung der barometrischen Minima, also häufigeres Auftreten geringen Luftdrucks, niedrigen Barometerstandes.

Die Lösung dieses Zwiespaltes ist aufserordentlich einfach; sie liegt in Falbs thatsächlicher Unkenntnis der wichtigsten Gesetze der Meteorologie. Als er seine Theorie aufstellte, beherrschte noch Dove das Feld der Witterungskunde. Polarstrom und Äquatorialstrom

lagen nach der geistreichen Anschauung jenes Altmeisters der Meteorologie im ewigen Kampfe. Das Ergebnis desselben war der Wechsel der Witterung in den gemäfsigten Zonen. Auf Grund dieser Lehre baute auch Falb seine Theorie auf. Als nun Beobachtung und Forschung zweifellos die Irrigkeit der Doveschen Anschauung nachwies, und das barische oder Buys-Ballotsche Windgesetz, nach dem die Verteilung des Luftdruckes die Bewegungen der Atmosphäre erzeugt, seinen Siegeslauf antrat, da geriet Falb in Verlegenheit. Aber er rifs sich mit Geschick aus derselben heraus. Er hielt an dem Vorhandensein des Süd- und Nordstromes fest und nahm nur die Cyklonentheorie hinzu. Dafs er damit entgegen seiner früheren Behauptung dem Barometer eine Kontrolle seiner Theorie einräumte, übersah er, und er ignorierte dann alle Angriffe seiner Gegner, die auf diesen wunden Punkt sich richteten. Aber Falbs Theorie fiel damit nicht völlig; denn auch Doves Lehre besteht ja zum Teil noch zu Recht. Es giebt eine allgemeine Zirkulation in der Atmosphäre, die die Luftmassen vom Äquator zum Pol und von dort wieder zurück nach dem Äquator fliefsen läfst. Ja, in neuerer Zeit hat man, freilich unter anderer Bezeichnung und Ausführung, jene glückliche Idee Doves, dafs durch diese allgemeine Zirkulation auch unser Wetter bestimmt werde, insofern wieder aufgenommen, als man geneigt ist, die Entstehung der Maxima und Minima mit der allgemeinen Bewegung der Atmosphäre in Zusammenhang zu bringen. Dadurch würde auch Falb gewinnen. Denn seine Lehre vom Einflufse des Mondes stützt sich in erster Linie auf das Vorhandensein eines allgemeinen Kreislaufes der Luftmassen, durch den auch das Wetter bei uns erzeugt wird.

Folgen wir wieder seinen eignen Ausführungen, in denen wir freilich im einzelnen grofsen Irrtümern begegnen, die wir aber in ihren allgemeinen Zügen nach der Doveschen Anschauung und, soweit es sich nur um eine allgemeine Zirkulation handelt, auch nach dem gegenwärtigen Standpunkte als zu Recht bestehend annehmen wollen! Nachdem Falb das Wesen jener grofsen Luftströme festgestellt, also nachgewiesen hat, dafs die ganze Bewegung durch die starke Erwärmung der Luft am Äquator eingeleitet werde, fährt er fort: „Es ist nicht im Geringsten eine Hypothese, sondern absolut gewifs, dafs an Tagen, an welchen möglichst viele Flutfaktoren zusammenwirken, der Äquatorialstrom sich rascher erheben wird, als zu andern Zeiten.“ Ist denn die Sache wirklich so absolut gewifs? Wir können uns leider auf eingehendere Prüfung des Satzes hier nicht ein-

lassen. Das aber sehen wir alle ohne weiteres ein, dafs die Wirkung der Sonnen- und Mondanziehung sicherlich nicht so einfach ist, wie es Falb darstellt. Wer einmal hineingeschaut hat in den komplizierten Mechanismus der Wärmeverteilung und der Bewegung in der Atmosphäre, der wird die Kindlichkeit des Falhschen Satzes kaum noch fassen können.

Doch wir wollen ihm auch hier zugestehen, dafs die Sache so liegt, wie er es darstellt. Es könnte ja so sein. Dann müssen wir allerdings auch die weitere Folgerung für annehmbar erklären, dafs nämlich die Flutanziehung eine Beschleunigung in der Zirkulation der Atmosphäre bewirkt. Das ist auch der einzige Satz in der Falbschen Theorie, der zwar durch und durch Hypothese ist, aber nicht geradezu als falsch nachgewiesen werden kann.

Wir müssen deshalb zur Widerlegung dieser Behauptung jetzt einen anderen Weg der Beweisführung betreten. Es handelt sich darum, läfst sich ein solcher Einflufs des Mondes denn durch die Beobachtung feststellen. Nach Falbs eigenen Beobachtungen wird die Frage bejaht, indem an den von ihm berechneten kritischen Tagen thatsächlich seiner Theorie entsprechende Ereignisse sich einstellen sollen.

Was aber versteht Falb unter kritischen Tagen? Auf mathematischer Grundlage entwickelt der grofse Wetterprophet zunächst die Theorie von Ehhe und Flut durch die Anziehung von Sonne und Mond. Dabei weist er darauf hin, dafs die Fluten nicht immer gleich hoch sein können, weil die Stellung von Sonne und Mond sich ändere. Es giebt gewisse Umstände, welche zur Erhöhung der Flutberge ganz besonders beitragen. Diese Umstände nennt er Flutfaktoren und zählt deren sieben auf. Es sind das Sonnennähe und Erdnähe oder Perigäum, Vollmond und Neumond oder Syzygien, die Vermehrung der Schwungkraft zur Zeit der Äquinoktien, also des Standes der Sonne im Äquator und analog des Mondes, weiter die Zunahme der Centrifugalkraft in der Bewegung der Erde um die Sonne und endlich die Stellung des Mondes in den Knoten.

Je nachdem diese Faktoren sich miteinander verbinden oder getrennt von einander wirken, wechselt auch die Stärke der Hochflut. Er berechnet dann, dafs gegenwärtig höchstens fünf Faktoren zusammentreffen können. Tage, an welchen eine Kombination mehrerer Faktoren stattfindet, in welchen höhere Fluten zu erwarten sind, gelten ihm als kritische Tage. Je nach der Anzahl der Faktoren unterscheidet er verschiedene Ordnungen von kritischen Tagen.

An solchen Tagen erhebt sich dann die Luftmasse am Äquator

in der vorher angegebenen Weise stärker, der mit Wasserdampf gesättigte Südstrom setzt heftiger ein und tritt in Kampf mit dem Nordstrom, was sogenanntes Aprilwetter zur Folge hat; starke Schneefälle stellen sich ein in Gegenden, in denen sie selten sind, Wirbelstürme treten auf, die barometrischen Minima häufen sich, grofse Niederschläge fallen, und Gewitter bilden sich.

Wir haben bereits geprüft, wie irrig diese Lehre vom Süd- und Nordstrom ist. Weitere Fehler würden wir entdecken, wenn wir im einzelnen diese verschiedenen Folgeerscheinungen der atmosphärischen Hochflut prüfen wollten. Schon dafs der obere Südstrom bei dem Herabsteigen in unseren Breiten noch grofse Feuchtigkeit bringen soll, die in Berührung mit dem kalten Nordstrom noch vermehrt wird, ist im Hinblick auf die dynamische Wärmelehre völlig unhaltbar. Ein absteigender Luftstrom ist stets trocken, und aus Mischung kalter und warmer Luft entstehen nur Nebel, nicht grofse Regenmengen. Allein Falb behauptet ja trotzdem Recht zu haben und stützt sich dabei auf seine Erfahrung und seine Statistik.

Auf seine Statistik! Darin liegt eigentlich der Witz seiner ganzen Popularität. Wer Falbs Bücher zur Hand nimmt und dort liest, wie er für jeden seiner kritischen Tage ein elementares Ereignis aufzählen kann, der wird allerdings nicht mehr begreifen können, wie Männer der Wissenschaft es wagen, gegen ein solches beweiskräftiges Material anzukämpfen.

Aber prüfen wir sachlich jene Angaben, sehen wir näher zu, nach welchem Prinzip dieselben aufgestellt, dann werden wir bald anders urteilen.

Falb giebt selbst das Verfahren an. Er schreibt, dafs er Monat für Monat jene kritischen Tage vorausbestimmt und dann an diesen Tagen genau die atmosphärischen Vorgänge beobachtet habe. Da sei ihm dann bald die überraschende Thatsache entgegengetreten, dafs an solchen Tagen sich stets irgendwo besondere Witterungsereignisse einstellten.

Nun nach diesem Verfahren kann man, so sonderbar es klingt, alles beweisen, was man will. Nehmen wir ein Beispiel, das schon der Meteorologe Lang zur Illustrierung Falbscher Methode benutzte! Aus sehr nahe liegenden Gründen kann ich zu dem Schlufs kommen, dafs Montags die meisten Menschen sterben müfsten. Um das zu beweisen, stelle ich folgende Statistik auf. Ich gehe jeden Montag auf das Standesamt und notiere die Todesmeldungen, an den andern Tagen bleibe ich aber daheim. Das Resultat ist klar. Meine Statistik beweist, Montags sterben die meisten Menschen. Das ist Falbsche

Methode. In ähnlicher Weise hat Ginzel in einer kurzen Mitteilung im Jahrgang 1890 dieser Zeitschrift nachgewiesen, dafs die kritischen Tage Falbs auch für die politiechen Verhältnisse hedeutungsvoll sind!

Märker hat nach einem Aufsatz in der Zeitschrift „Das Wetter“ aue Soherz auch einmal sogenannte antikritische Tage, welche doch am wenigsten kritiech eein sollten, zu gleichen Prognoeen benutzt. Dieee waren unstreitig von ehenso gutem Erfolg begleitet wie die kritischen Tage Falhs. Ale ein solcher antikritischer Tag wurde z. B. der 2. April 1875, an dem der Mond in der Quadratur stand, herechnet. Starke Depreesion mit Niederschlägen in Süddeutschland, Schneegeetöber und Sturm in Norddeutschland! Ist das nicht ein echter Falbecher Treffer?

Wenn wirklich ein Zusammenhang zwischen den kritischen Tagen und den Witterungsvorgängen durch die Statistik nachgewiesen werden soll, eo mufe das nach völlig einwurfsfreiem Verfahren geschehen. Falb mufste täglich die Wetterereigniese notieren, und wenn sich da eine Periode zeigte, die eeinen kritischen Tagen entsprach, dann durfte er sich allerdings hei seinen Prophezeiungen auf seine Statistik stützen. Diesen Weg hat er aber wohlweislich nicht beechritten.

So recht etimmte ührigene nach dem Falbschen Verfahren die Sache nicht immer. Es traten gröfeere Wetterkatastrophen zuweilen auch an Tagen kurz vorher oder kurz nachher ein. Darüher eetzte sich aber der wenig scrupulöse Forscher schnell hinweg. Er gab dem Wetter einen Spielraum von mehreren Tagen. Die atmoephärische Hochflut konnte eich verfrühen oder verspäten.

Dafs sie sich verspäten könne, erscheint durchaus begreiflich, da die Wirkung dea stärkeren Südstromes eich doch erst vom Äquator nach Norden verpflanzen mufe, und dazu natürlich immer noch Zeit nötig ist. Dafe aher eine Verfrühung möglich eein eoll, das iet zum mindesten eehr hypothetiech. Wo in der Natur tritt sonst der Fall ein, dafs die Wirkung der Ursache gewissermafeen vorausgeht? Falb meint, am kritischen Tage selhst habe sich die Luft gleichsam schon abgeregnet. Darin steckt wieder eine alte Volksanechauung. Das Volk spricht davon, der Himmel müsse sich erst abregnen, ehe es beeseres Wetter werden könne. Wiseenechaftlich ist das Unsinn. Genügende Waseerdampfmengen zur Niederschlagsbildung eind in der Atmosphäre bei una stets vorhanden.

Wie Falb bei der Zusammenstellung seiner Daten verfährt, dafür nur einige Beispiele. In seinem Buche „Das Wettor und der Mond“ führt er eine Reihe von Ereigniesen auf, die die Gefährlichkeit seiner

kritischen Tage darthun sollen. So heifst es für 1886: Äquatorstand am 5. April, Neumond und Erdnähe am 7., Austritt der Weichsel bei Neufähr, am 6. bedeutende Überschwemmungen! Nun wenn am 6. April die Weichsel bei Neufähr aus ihren Ufern tritt, dann ist das doch eine Folge von Witterungsvorgängen, die sicher schon mehrere Tage vorher eingetreten sind; hier war vielleicht die Schneeschmelze beteiligt. Ähnlich ist folgende Stelle, aus dem Jahre 1885: Äquatorstand am 7. Oktober, Neumond am 3. Oktober, am 10. teilweiser, am 11. ausgebreiteter Barometersturz, vom 9. bis 12. Oktober starker Regen in Kärnthen, eine Wiederkehr der schrecklichen Überschwemmungen vom vorigen Monat wird erwartet. Ob diese Überschwemmungen eingetreten sind, erfährt man nicht. Eine solche Notiz klingt aber sicher nach etwas. Andrerseits wird man durch derartige Statistik geradezu angeregt zum Scherz. Man gerät in Versuchung, gerade das Gegenteil von Falb zu behaupten, wie das auch nach obigem mit Erfolg geschehen ist.

Doch es mag das Gesagte genügen, um die Schwäche der ganzen Propheterei Falbs zu kennzeichnen. Ich möchte aber die Ausführungen nicht abschliefsen, ohne noch einmal zu betonen, dafs gerade durch die Art seiner Statistik das Publikum so von ihm gefangen ist. Ja das Publikum folgt ihm auf diesem Wege, und zwar mit einer noch hinzukommenden Selbsttäuschung. Ein kritischer Tag wird von vielen noch immer mit Spannung erwartet. Geschieht nichts an dem Tage, so geht er dahin, ohne dafs ihn irgend jemand weiter beachtet. Tritt aber ein besonderes Ereignis ein, dann ist allgemeines Hurrahgeschrei der Falbianer: Seht Ihr, Ihr Zunftgelehrten, Falb hat doch recht! Und alles Gegenreden ist dann umsonst. Die völlige Unkenntnis der Falbschen Lehre sowohl wie die Art seiner Beweisführung erklärt am einfachsten die grofse Anhängerschaft dieses Mannes.

Voreingenommenheit und Oberflächlichkeit wirft Falb den Fachmeteorologen vor, weil sie seine Lehre nicht anerkennen wollen. Nun jene selben Fachmeteorologen haben mit wissenschaftlichen Mitteln seine Lehre zu stützen versucht, mit Mitteln, die Falb aus guten Gründen verschmäht hat. Sie haben eine wirklich einwurfsfreie Statistik aufgestellt, sind freilich dabei zu keinem positiven Resultat gekommen. Man hat das ganze Problem von den verschiedensten Seiten aus angegriffen, allein die Zahlen wollten nichts zu erkennen geben, was für einen merklichen Einflufs des Mondes auf das Wetter hätte sprechen können.

Fachmeteorologen sind überhaupt garnicht so ablehnend gegen

die Falbsche Theorie, als dieser es gewöhnlieh hinstellt. Sie geben gewifs zu, dafs der Mond auf die Atmosphäre einwirkt. Gewisse Einflüsse sind ja nachgewiesen. So steht es nahezu fest, dafs in den äquatorialen Gehieten selbst das Barometer eine Periode zeigt, die mit dem Umlauf des Mondes zusammenfällt, eine Ehhe und Flut gleichsam, allerdings nur in der Höhe von $^1/_{10}$ mm, also verschwindend klein gegenüher den sonstigen Barometerschwankungen. Auf Grund eingehender Prüfung des Beohachtungsmateriales kommt Börnstein in seinem Aufsatz „Die Fluthewegung des Meeres und der Luft“ (Jahrg. 1890 dieser Zeitschrift) sogar zu dem Schlufs: „Wenn der Mond auf das Wetter üherhaupt einen Einflufs hat, so heruht derselhe nicht auf der atmosphärischen Ebbe und Flut“, weil diese ehen zu geringfügig ist.

Die Meteorologen haben uns in jüngster Zeit freilich noch eine andere Bewegung des Barometerstandes als eine universelle Erscheinung kennen gelehrt. Man nennt sie auch eine Ebhe und Flut. Wieder zeigt sich dieselhe in den Tropen am deutlichsten. Dort erhebt sich mit einer aufserordentlichen Regelmäfsigkeit das Barometer in den Vormittagsstunden, fällt dann gegen Mittag, um gegen Ahend wieder anzusteigen. Aher dieser Vorgang hat nichts mit dem Monde zu thun, er fügt sich offenhar dem Gange der Sonne und ist auch von Hann als eine Folge der täglichen Wärmewirkungen erklärt worden. Falb herichtet uns auch von diesen Wärmegezeiten nichts.

Was aber die Meteorologen Falh vorwerfen, ist das, dafs er sich, ohne den wissenschaftlichen Beweis für seine Theorie zu bringen, ans grofse Publikum gewandt hat, das unmöglich imstande war, seine Ausführungen kritisch zu prüfen. In einer Zeit, wo die Wissenschaft festgestellt hat, dafs die nachweisbaren Beziehungen vom Mond zum Wetter keineswegs ausreichen, darauf Wetterprognosen zu begründen, hat er das Publikum mit derartigen Voraussagungen beunruhigt. Das mufs entschieden als ein Unfug hezeichnet und als solcher auch gebrandmarkt werden. Hätte Falb im Kreise der Fachgenossen seine Theorie mit allen zu Gebote stehenden wissenschaftlichen Mitteln verteidigt, würde er gewifs überall Anerkennung und Achtung erworhen haben. Und es ist fast zu bedauern, dafs Falh nicht dieser Aufgahe sich gewidmet hat. Er ist nicht ohne Begahung und wäre wohl der Mann dazu, die Wissenschaft zu fördern. Allein er ist ein Opfer seiner unglückseligen Spekulation geworden.

Man wirft Falb vor, dafs er auf Grund unhewiesener Theorieen Wetterprognosen aufstelle. Ja, thun denn das die Meteorologen nicht

auch? Sind denn alle jene Grundsätze der Meteorologie schon völlig erwiesen? Arbeiten denn unsere Meteorologen nicht ununterbrochen mit Depressionen, und doch wissen sie nicht, woher dieselhen kommen, und wie sie entstehen? Das ist allerdings richtig. Allein die Begründung einer Falhschen Prognose ist doch weit schwächer als die eines modernen Meteorologen. Falb reiht Hypothese an Hypothese und giebt nicht einen thatsächlichen Beweis für diese. Der moderne Meteorologe sammelt Tag für Tag die thatsächlichen Beohachtungen, veranschaulicht den gleichzeitigen Witterungszustand in den sogenannten synoptischen Karten und liest nun aus diesen auf wirklichen Vorgängen heruhenden Wetterhildern das Werden des zukünftigen Wetters auf Grund von Erfahrungssätzen ah. Thatsächliche fortlaufende Beohachtungen und langjährige Erfahrungen bilden hier die Grundlage; Falh dagegen geht nur von hypothetisch aufgestellten Sätzen aus und berücksichtigt die Beobachtungen nur willkürlich.

Deutlicher aber läfst die Wagschale zwischen diesen Gattungen von Wetterpropheten noch folgende Erwägung ausschlagen. Falh henutzt mathematisch-astronomische, also völlig berechenhare Erscheinungen, der moderne Meteorologe nur annäherungsweise hestimmbare, mathematisch undiskutierbare Vorgänge. Jener mufs alle möglichen Zugeständnisse der Verfrühung und Verspätung machen, um nur einigermafsen mit Treffern aufwarten zu können; dieser aher arheitet, soweit es üherhaupt möglich ist, exakt und genau und hat doch immer über 80% Treffer zu verzeichnen. Dahei sagt er für eine hestimmte Gegend die Witterung voraus, während Falh nur angeben kann, dafs irgendwo irgendwas zur Zeit des kritischen Tages eintreten kann.

Unter dieser Betrachtung erscheint die Falhsche Propheterei geradezu lächerlich. Sie wird es aber noch mehr, wenn man gleichzeitig die grofse Zahl der Tage, an denen etwas passieren kann, beachtet. Gewöhnlich hat ein Jahr rund 25 kritische Tage. Dem Witterungsereignis ist aher ein Spielraum von 5 Tagen — 2 Tage vorher, 2 nachher — gegeben; das gieht also 125 Tage an denen im Jahre etwas geschehen kann; mit andern Worten: Nach Falh ist etwa jeder 3. Tag ein kritischer.

Falsche Annahmen haben Falb zu falschen Schlüssen geführt, deren Unrichtigkeit falsche Statistik dem Publikum und wohl ihm selbst verhüllte.

Wie in der Lehre vom Wetter, so hat Falh auch in seiner Lehre vom Einflusse des Mondes auf die Erdhehen vor dem Forum der Wissenschaft Fiasko gemacht. Man hat ihm auch hier zugestanden,

dafs ein solcher Einflufs vorhanden sein könne. Die sachliche Statistik hat sich ebenfalls zu Gunsten Falbs geäufsert, indem thatsächlich die Zahl der Erdbeben sich zu Zeiten der kritischen Tage etwas häuft. Allein das berechtigt noch nicht zur Aufstellung von Erdbebenprognosen. Falb legt auch hier wieder grofse Unkenntnis an den Tag. Anschliefsend an die Erdbebentheorie von Perrey erklärt er fast sämtliche Erdbeben als unterirdische vulkanische Vorgänge, befördert durch die Anziehung von Sonne und Mond. Die flüssige Masse des Erdinnern gerät in Ebbe- und Flutbewegung und erschüttert an den schwachen Stellen die starre Erdrinde. Dafs nach der Ansicht vieler hervorragenden Geologen die meisten Erdbeben tektonische sind, sogenannte Dislokationsbeben, die als Folgen der Spannung in der Erdkruste eintreten, das beunruhigt ihn wenig. Er geht mit Stillschweigen darüber hinweg. Wenn nun thatsächlich die Erdbeben zur Zeit der kritischen Tage sich ein wenig mehren, so findet das sehr einfach seine Erklärung in der Annahme, dafs durch Anziehung von Sonne und Mond die Auslösung der in der Erdkruste durch das Einschrumpfen des Kerns verursachten Spannungen erleichtert wird.

Auch hier pocht Falb wieder auf seine praktischen Erfolge. Doch man darf nicht vergessen, dafs Erdbebenprognosen viel leichter zutreffen, weil ja diese Vorgänge meist von längerer Dauer sind, d. h. sich längere Zeit hindurch wiederholen. Und doch hat Falb auch grofse Mifserfolge gehabt, die vor dem Publikum natürlich verborgen bleiben. Endlich ist auch hier seine eigene Statistik wieder lückenhaft und zum Teil willkürlich.

Noch unsinniger ist die Anwendung seiner Theorie auf die Sintflut. Die Sintflut der Bibel soll über die ganze Erde verbreitet gewesen sein, sie soll identisch sein mit der von den Geologen nachgewiesenen Eiszeit und soll endlich eine alle 10500 Jahre wiederkehrende Erscheinung sein, die hervorgerufen werde durch Maxima der heute noch für die Witterung mafsgebenden Flutfaktoren. Das spricht Falb zur selben Zeit aus, wo von einer Reihe der gründlichsten Forscher klar und deutlich nachgewiesen ist, dafs die Sintflut der Bibel eine rein lokale Erscheinung war, die sich einfach als eine gewaltige Cyklone erklären läfst. Den Gegenbeweis liefert er natürlich nicht. Die Identität der Sintflut und Eiszeit gründet er auf sprachvergleichende Untersuchungen. Was hier geboten wird, übertrifft alles auf dem Gebiete der Spekulation Dagewesene. Der ägyptische Phönix, das chinesische Hoang, das tatarische Van sollen alle die grofse Eiszeit bezeichnen. Ähnlich steht es mit der Periodendauer

von 10500 Jahren, die sich auf die Änderung der Excentricität der Erdbahn stützt. Wann die Eiszeit in Europa bestanden hat, vermag keiner der Geologen genau anzugeben. So viel nur ist gewifs, dafs mehr als 10000 Jahre seit der letzten Eiszeit vergangen sind. Das läfst sich aus der Mächtigkeit und der Art der Gletscherablagerungen sicher schliefsen. Nach Falb wäre aber Europa erst ca. 6000 Jahre wieder eisfrei.

Solange sich solche phantastische Spekulation, wie sie Falb betreibt, im engeren Kreise der Freunde nur geltend macht, ist sie belanglos und durchaus statthaft. Es hat ja doch jeder denkende Mensch seine eigene Weltanschauung und über wichtige Probleme der Wissenschaft seine eigenen, mitunter sehr gesunden Ideen. Doch man möchte hier das Dichterwort citieren:

„Gefährlich wird die Himmelskraft,
Wenn sie der Fesseln sich entrafft,“

d. h. wenn die Spekulation mit ihren Resultaten an die weiteren Kreise sich wendet. Wie ein verheerendes Feuer kann sie dann in der That alles Brennbare mit fortreifsen, und nur der nüchterne Verstand einiger weniger bleibt in dem wogenden Flammenmeere bestehen.

Dieses Bild ist nicht übertrieben; es veranschaulicht zugleich, wie hinderlich für den Fortschritt der Wissenschaft ein solches Vorgeben werden kann. Es hemmt nicht nur der wahren Erkenntnis den Weg, sondern raubt auch vielen das Vertrauen zur Wissenschaft und den Glauben an die Männer, die sich in ihren Dienst gestellt haben. Ein Stück der Finsternis vergangener Zeiten taucht auf, wo in Aberglauben und Unkenntnis die Menschen dahinlebten. Aber die Leuchte der Wissenschaft erlischt nicht. Sie wird immer wieder von neuem aufflammen und auch das Dunkel Falbscher Ideen noch durchdringen.

Anm.: Während diese Zeilen niedergeschrieben wurden, brachten unsere Tagesblätter einen Aufruf zur Unterstützung Falbs. Wir erklären offen, dafs wir der angeregten Sammlung durchaus wohlwollend gegenüberstehen; denn Falb ist ein kranker, hilfsbedürftiger Mann. Aber das darf uns nicht beirren, zur Steuerung der Wahrheit mit aller Entschiedenheit die Falbsche Theorie in das rechte Licht zu stellen, und wir fühlen uns dazu um so mehr verpflichtet, als jener Aufruf Falb als einen „bedeutenden Gelehrten“ hinstellte. Dadurch mufs das Publikum von neuem irregeführt werden, noch dazu da Männer von wissenschaftlichem Ansehen diesen Aufruf unterzeichnet hatten.

War Sirius jemals rot?

Von Dr. H. Samter in Berlin.

Priamos aber der Greis ersah ihn zuerst mit den Augen:
Strahlenvoll wie der Stern, da er herflog durch das Gefilde,
Welcher im Herbst aufgeht und mit überstrahlender Klarheit
Scheint vor vielen Gestirnen in dämmernder Stunde des Melkens,
Welcher Orions Hund genannt wird unter den Menschen.
Hell zwar glänzt er hervor, doch zum schändlichen Zeichen geordnet,
Denn er bringt ausdörrende Glut den elenden Menschen.

Also vergleicht Homer (Il. 22, V. 25—31) den herrlichen Sohn Trojas mit dem gröfsten Fixstern des Himmels, der alle anderen überstrahlt, aber freilich verderblich sein soll in seinen Wirkungen. Wir haben hier wohl das älteste literarische Zeugnis für die gewaltige Strahlenfülle, die den Sirius auszeichnet, und es ist seitdem keines abgegeben worden, welches gegen diese hervorragende Eigenschaft des Hundssternes sprechen könnte. Immer hat dieser Stern bis heute an Glanz vor allen sich ausgezeichnet, und wie die alten Ägypter von dem Tage an, an welchem er zuerst wieder aus den Strahlen der Sonne am Morgenhimmel hervortrat, den Anfang der Überschwemmung des Nils zu erwarten hatten und von diesem für sie wichtigsten Morgen den Anfang ihres Kalenderjahres datierten, so zeigen unsere „Hundstage" die Bedeutung, die wir bewufst oder unbewufst noch heute diesem Gestirn beimessen. Keines — die merkwürdige Plejadengruppe vielleicht ausgenommen — hat so die Aufmerksamkeit aller Völker, der auf der tiefsten Stufe des Naturzustandes stehenden wie der von der höchsten Kultur umfafsten, auf sich gelenkt, und wir dürfen uns nicht wundern, wenn gerade dieses von Himmelskundigen und Laien recht viel beobachtet ward. Um so mehr ist es zu verwundern, dafs ein Teil dieser Beobachtungen, wie sie in wissenschaftlichen und poetischen Schriften niedergelegt sind, von dem heutigen Aussehen des Sternes wesentlich abweichen. Diese

alten Bücher nennen ihn nämlich einen roten Stern, während ihn heute niemand anders als einen weifsen bezeichnen würde, ja mancher eher geneigt wäre, ihm einen blauen Schimmer heizulegen. Wenn die von den Alten überlieferte Thatsache richtig wäre, so stände der Sirius jedenfalls unter allen Sternen vereinzelt da, und sein Beispiel widerspräche auch der verbreitetsten unter den Theorien, die man über die Natur der Sterne, im besondern zur Erklärung ihrer Farben, aufgestellt hat. Danach ist es blendende Weifse, welche die Sterne in jugendlichem Alter charakterisiert. An der Weifsglut soll es möglich sein, den Stern als einen relativ jungen zu erkennen. Erst wenn diese Glut allmählich aufhört, wird das jugendliche Feuer auch seine Weifse einbüfsen und allmählich zum dunkleren Rot sich umwandeln, an dem man also den relativ gealterten unter den Fixsternen zu erkennen glaubt. Man würde es nicht allzu auffallend finden, wenn durch historische Nachrichten die Umänderung eines weifsen in einen roten Stern verbürgt würde; aber der umgekehrte Fall spricht allen Theorien Hohn, wenn man nicht zu Künsteleien seine Zuflucht nimmt. So hat John Herschel gemeint, dafs eine kosmische Wolke, welche damals zwischen dem Sirius und dem Systeme der Planeten stand, diesen Farbenwechsel hervorgerufen habe, der durch Wegschiebung der Kulisse aus einem roten in einen weifsen sich verwandelt habe. Dabei könnte dieses Medium wie ein rotes Glas oder auch wie die Staubteilchen der Atmosphäre gewirkt haben, welche die farbenprächtigen Auf- und Untergänge der Sonne und des Mondes bewirken.

Nimmt man jene Zeugnisse als richtig an — und selbst ein Forscher wie Arago hält, „alles wohl geprüft und alles wohl erwogen, den Sirius für ehemals rötlich" — so kann die Frage aufgeworfen werden, wann dieser Farbenwechsel eingetreten sei. Doktor Wöpke, der auf Humboldts Wunsch in Paris 1851 arabische Manuscripte nachschlug, hielt dafür, dafs dieser Wechsel zwischen Ptolemäos und dem Perser Abdel Rahman Alsûfi, d. h. zwischen 140 und 950 n. Chr. stattgefunden habe.

Indessen war es nicht ausgeschlossen, dafs bei einer erneuten, mit allen Mitteln der litterarischen Kritik geführten Untersuchung jener alten Quellen doch die Sache ein anderes Gesicht bekäme. Aber nur ein in Sprach- und Literaturforschung durchaus erprobter Kritiker, dem auch astronomische Kenntnisse nicht mangeln durften, hatte Aussicht, diese Frage mit Erfolg wieder anzuschneiden. Der berühmte Leiter der Mailänder Sternwarte, G. Schiaparelli, der schon in mancher Schrift sich der Wege kundig gezeigt hat, welche

durch die alte Litteratur führen, hat in einer „Rubra canicula“ betitelten Schrift (Rovereto, 1896) an alle jene Quellen die Sonde der Kritik angelegt und dabei mit einem an Lessing erinnernden Scharfsinn und Wissen jener Ansicht, dafs Sirius einmal rot gewesen sei, den Boden entzogen.

Folgen wir ihm durch die vielverschlungenen Pfade der alten Litteratur! Das gewichtigste Zeugnis ist jedenfalls dasjenige des bedeutendsten Astronomen des Altertums, des Claudius Ptolemäos, der um die Mitte des zweiten nachchristlichen Jahrhunderts zu Alexandrien in Ägypten gelebt und uns eine Reihe ursprünglich in griechischer Sprache abgefafster Werke hinterlassen hat. Das bedeutendste unter diesen, worin er das nach ihm benannte Weltsystem erörtert, ist die „Grofse Syntaxis“, die gewöhnlich nach ihrer arabischen Übersetzung Almagest genannt wird. Hier nun wird im ganzen 6 Sternen erster Gröfse und darunter dem Sirius die Bezeichnung ὑπόκιῤῥος beigelegt, die einen schwachen Grad roter Färbung, etwa „rötlichgelb“ bedeutet. Gehen wir den Quellen dieses Textes nach, welche auch der französischen Übersetzung von Halma zu Grunde gelegen haben, so stofsen wir auf einen Pariser Codex aus dem 5. und einen Florentiner aus dem 12. Jahrhundert, sowie auf die Baseler Folioausgabe von 1538 und die lateinische Übersetzung des Georg von Trapezunt (1450 ca.) nach einem eben aus dem Oriente gebrachten vatikanischen Codex, die alle den Sirius rötlich nennen. Vergleicht man aber damit arabische Übersetzungen und die aus solchen Quellen geschöpften weiteren Bearbeitungen, wie die um 1175 zu Toledo entstandene lateinische Ausgabe eines Gerhard von Cremona und den Sternkatalog, welcher der Uranographie des Persers Alsûfi (903—986) beigegeben ward, und welchen Schjellerup 1874 herausgab, so findet man hier die Angabe der roten Farbe nur bei vier jener sechs Sterne, nämlich Aldebaran, Antares, Beteigeuze und Pollux, während sie für Arkturus und Sirius fehlt.

Diese auffallende Abweichung läfst sich nur auf zwei Weisen erklären; sie mufs entweder bereits in dem alten griechischen Manuscript der Syntaxis bestanden haben, aus welcher die Araber übersetzten, oder erst ein arabischer Astronom hat die Angabe der roten Farbe für Arktur und Sirius in der Übersetzung unterdrückt, da ihm dieselbe schon zu seiner Zeit, wenigstens für Sirius, nicht recht passend erschienen ist. Diese Quelle müfste auch notwendig älter als Alsûfis Sternkatalog sein, da dieser streng die eigenen Beobachtungen von des Ptolemäos Angaben trennt und selbst — wie schon

oben hervorgehoben[1]) — den Sirius wie den Procyon zu den weifsen Sternen zählt. Sirius müfste (wahrscheinlich im 9. nachchristlichen Jahrhundert) bereits weifs gewesen sein, als der von Gerhard und Alsûfi benutzte arabische Text entstand. Damit wäre der Spielraum für die Farbenänderung auf eine um etwa ein Jahrhundert geringere Zeit beschränkt, als sie nach Wöpke sein sollte. Läge andererseits die Abweichung bereits in den alten griechischen Manuscripten, so erschiene jedenfalls die Autorität dieser bedeutend herabgedrückt. Da das griechische Manuscript, welches die arabischen Herausgeber zu Grunde legten, wahrscheinlich schwer aufzufinden sein dürfte, die Frage sich aber jetzt dahin zuspitzt, welcher Wert dem ersterwähnten griechischen Texte beizumessen ist, so gilt es, des Ptolemäos andere Schriften nachzuschlagen, um gröfsere Klarheit zu gewinnen. Da ist zunächst die „Tetrabiblos Syntaxis", die vierteilige Bibel, welche die Basis der mittelalterlichen astrologischen Disziplin bildet,[2]) über welche Melanchthon als eifriger Astrolog einst zu Wittenberg Vorlesungen hielt, und deren Echtheit jetzt nicht mehr zu bezweifeln ist.

Hier werden von jenen sechs Sternen nur noch drei als rötlich bezeichnet, nicht aber Pollux, Beteigeuze oder Sirius, der doch vor allem erwähnt wäre, wenn er damals anders als weifs gewesen wäre. Dagegen wird die Natur jener Fixsterne mit derjenigen der Planeten verglichen, und dabei wird vieren die Natur des Mars, einem (Arktur) die des Jupiter und Mars und nur dem Sirius die Natur des Jupiter mit etwas von derjenigen des Mars zugeschrieben, und aus den Vorbedeutungen, die Ptolemäos an diese Sterne knüpft, geht hervor, dafs er dabei nur an die Farbe der Sterne sich anlehnt, die also für Sirius sicher der weifsen Farbe Jupiters schon damals weit näher als der roten des Mars gewesen sein mufs. Ist es ferner nicht auffallend, dafs er dabei den Sirius nicht mit seinem Namen bezeichnete, der ihm, dem Griechen, aus Hesiod, Aristoteles und Aratus geläufig sein mufste, noch mit dem in Ägypten, wo er lebte und der Stern so grofse Bedeutung hatte, üblichen Namen Sothis[3]), sondern hier einfach das Sternbild des Hundes, also das Ganze für den Teil nennt, also vielleicht gar nicht den Stern meint, sondern die ihn um-

[1]) Humboldt, Kosmos III, Berichtigungen und Zusätze, S. 454.

[2]) S. Günther, Geschichte des mathematischen Unterrichts im Mittelalter. Berlin 1887. S. 189 und 274.

[3]) Vergl. über dessen Bedeutung: Humboldt, Kosmos Bd. III, S. 144, Anm. 28 zu S. 120.

gebende Gegend des Himmels. Die Abweichung der Texte der verschiedenen Bücher des Ptolemäos hatte schon den in der Sprachforschung so bewanderten Astronomen Schjellerup, den Herausgeber von Alsûfis Sternkatalog, zu der Konjektur geführt, dafs im Texte des Almagost ursprünglich καὶ σείριος[4]) statt ὑπόκιῤῥος gestanden und erst ein des Himmels unkundiger Abschreiber die wahrscheinlich sinnlose Umwandlung vorgenommen habe. Diese geistreiche Hypothese wird in der That durch den Vergleich so vieler Quellen schon wahrscheinlich gemacht, aber es wird zu ihrer völligen Bekräftigung darauf ankommen, die vorhandenen Codices vollständig zu untersuchen.

Hiermit hätten wir die gewichtigste Autorität für die ehemalige Röte des Sirius kennen gelernt; aller anderen Stellung zur Wissenschaft im allgemeinen und zur Astronomie im besonderen ist derartig, dafs sie mit dieser kaum vergleichbar sind. Aber immerhin darf erwartet werden, dafs der hellste Fixstern des Himmels auch den Laien genügend bekannt war, dafs wir ihren Überlieferungen ein gewisses Gewicht für die Entscheidung der vorliegenden Frage beizulegen haben. Zunächst sind hier die lateinischen Übersetzer des im Altertum sehr anerkannten Lehrgedichtes des Aratos zu nennen. Dieser, ein Arzt aus Soloi in Kilikien, verfafste um 270 v. Chr., am makedonischen Hofe lebend, auf Veranlassung des Königs ein astronomisches Gedicht über Sternerscheinungen und ihre Bedeutung für das kommende Wetter ohne andere Kenntnisse darüber, als die ihm von vorhergehenden Forschern überlieferten — ein Werk, das sogar von einem Hipparch sehr geschätzt war und noch die Meteorologie des Mittelalters bildete. Hier sagt er vom Sirius nur, dafs er scharf funkele[5]) und daher seinen Namen habe, während er von dem ganzen Sternbilde des Hundes allerdings die Bezeichnung ποικίλος „bunt" gebraucht. Auf eine rote Färbung spielt er nicht an, und das starke Funkeln ist auch eher ein Zeichen eines weifsen Sternes, da für rote die Erscheinung der Scintillation sehr zurücktritt. Wenn nun schon Aratos kein Wort von einer roten Färbung sagt, so wäre es doch möglich, dafs die lateinischen Übersetzer, wenn sie etwas Ähnliches verlauten lassen, ihn, den des Himmels nur aus Büchern Kundigen, nach ihren Erfahrungen zu verbessern geglaubt haben. Cicero und Germanicus Cäsar übersetzen nun ποικίλος zwar in Beziehung auf

[4]) d. h. „und heifs", das Beiwort aller Gestirne, welche Einflufs auf die Sommerhitze haben (Humboldt, Kosmos III, ebenda).

[5]) Humboldt, a. a. O. ebenda.

das Sternbild des grofsen Hundes mit rutilus, aber das hat wie auch ruhens und rubor, das Avienus in seiner Übersetzung auf den Kopf des Hundes anwendet, hei den lateinischen Dichtern oft nicht die Bedeutung einer hesonderen Farhe, wie rot oder rötlich, sondern die eines lehhaften und glänzenden Lichtes. So hraucht Avienus in seiner um das Doppelte längeren Übersetzung rubor vom Ophiuchus der Kassiopeja, dem Rhomhus im Delphin, dem Gürtel des Orion und dem ganzen südlichen Fische. Auch Properz sagt es vom Monde, Virgil von dem ganzen äquatorialen Gürtel des Himmels, wie Dante den ganzen Tierkreis rötlich sein läfst; und das Wort rutilus erscheint in den 1325 Versen des Avienus nicht weniger als 40 mal in Anwendung auf den Tag, die sternenhelle Nacht, die Zeichen des Tierkreises und auf einzelne Sterne und Sternhilder. Die Übersetzer des Aratus geben demnach auch keinen Anhalt für des Sirius Urfärbung.

Am bekanntesten unter den Bürgen für die Rötung des Sirius ist der lateinische Dichterfürst Horaz, der (Sat. II. 5, V. 39) bei Besprechung der Sommerhitze die Wirkungen der rubra canicula erwähnt, worunter man bisher nichts anderes als den Sirius verstanden hat. Man könnte mit dem eben gegen die Übersetzer des Aratus verwendeten Argumente auch über diese Stelle hinwegkommen, wenn nicht hei dem Philosophen Seneca in dem einzigen physikalischen Lehrhuche der römischen Litteratur (Quaest. nat. I, 1) eine viel präzisere Angahe üher die Farhe der canicula enthalten wäre, indem die Röte derselben für ausgesprochener als die des Mars erklärt wird, während diejenige des Jupiter gleich Null gesetzt wird, dessen Glanz ein reines weifses Licht darstelle. Folgt nun aus heider Zeugen Mund nicht die Wahrheit, dafs Sirius um Christi Gehurt rot gewesen sein müsse? Bisher ist das wenigstens nicht bezweifelt worden, aber Schiaparelli glauht zuerst die Vorfrage stellen zu müssen, von der er selher sagt, dafs sie manchem Leser die Haare zu Berge treihen werde: „Ist es unzweifelhaft, dafs unter der „kleinen Hündin“ (canicula) der Sirius verstanden werden müsse?“ Es gieht ja zwei Sternhilder am Himmel, die heide diesen Namen führen, wie es zwei Bären gieht. Die mythologische Bedeutung des grofsen Hundes, des Sternbildes, dem der Sirius angehört, ist hekanntlich die des Jagdhundes, der des gigantischen Jägers Orion treuer Gefährte ist. Über die Entstehung des anderen Sternbildes erfahren wir das Nötige aus der astronomischen Schrift des lateinischen Grammatikers Julius Hyginus. Ikarius aus Athen wird von Hirten getötet; aus Schmerz

darüber erhängt sich seine Tochter Erigone, und alle beide werden samt ihrem Hündchen Maira von Jupiter an den Himmel versetzt als Bootes (von einigen Ikarius genannt), Jungfrau und kleiner Hund. Weil dieser kleine vor dem grofsen Hunde aufgeht, nannten die Griechen ihn Prokyon, d. h. den Vorhund. War die Legende schon im grauen Altertum populär, worauf eine Reihe an sie geknüpfter religiöser Gebräuche schliefsen lassen, so wurde sie doch wohl erst von Eratosthenes zur Erklärung der drei genannten Sternbilder herangezogen; aber jedenfalls bedeutet im augusteischen Zeitalter Prokyon nicht nur den noch heute so genannten Stern erster Gröfse, sondern das ganze Sternbild, dem er zugerechnet wird. So nur ist der weibliche Name canicula zu erklären, wenn man annimmt, dafs damit das Hündchen Maira gemeint ist, welches zum Prokyon wurde, und canicula diesen oder sein Sternbild bedeutet. Nun liegt es aber sehr nahe, anzunehmen, dafs bei den am Sternenhimmel nicht bewanderten Dichtern und selbst andern mehr wissenschaftlichen Autoren beide Sternbilder verwechselt wurden, und dafs bei den kulturellen Gebräuchen, die aus Griechenland in den römischen Boden hinüber sickerten, kaum mehr daran gedacht wurde, welchem Hunde zu Ehren sie geschahen. Schiaparelli macht es äufserst wahrscheinlich, dafs hier in der That die heilloseste Verwirrung eingerissen ist. Kein Geringerer als der ältere Plinius lehrt uns, dafs die canicula auch zu seiner Zeit noch den Prokyon bedeutete, während er unsern grofsen Hund stets als canis bezeichnet. Dieser wird erst drei Tage später im Laufe des Jahres am Morgenhimmel sichtbar. Wie man dem Sirius schon in der Urzeit die verderblichsten Wirkungen zuschrieb, so war auch sein Vorgänger ein arger Verderber der Weinstöcke, und vor allem wird ihm die Rostkrankheit des Getreides in die Schuhe geschoben — bei dem damaligen Stande der Pflanzenpathologie weiter kein Wunder. Wenn sie auch beide Bringer grofser Trockenheit sind, so fallen doch jedem besondere Kalamitäten zur Last. Denselben Standpunkt wie der berühmte Naturforscher, nahmen ohne Zweifel auch Cicero und Horaz ein, die ganz sicher beide Hunde, den männlichen des Orion und den weiblichen der Erigone, zu unterscheiden wissen. Aber wenn auch Plinius in so einfachen und bestimmten Ausdrücken von den beiden Hunden spricht, als ob ihm nie in den Sinn gekommen wäre, dafs jemand sie hätte verwechseln können, so ist das doch unzweifelhaft für eine ganze Anzahl minder bekannter Autoren wie Manilius, Columella, Censorinus, Palladius und wahrscheinlich für die meisten Dichter, die ruhig den Sirius eine

kleine Hündin nennen oder gar von zwei weiblichen Mitgliedern der Hundespezies am Himmel reden oder nicht mehr wissen, welcher von beiden den Getreiderost erzeugt.

Und doch kann dabei nur an den Prokyon gedacht werden, denn er ist es, den in der frommen Feier der Robigalien, die nach Plinius bereits von Numa eingerichtet sein sollten, zu beschwören die Römer sich anschickten. An diesem Tage, dem 25. April, wurde der Göttin Robigo (d. h. derjenigen, die den Getreiderost erzeugt), eine rote Hündin geopfert, wie es Ovid (Fast. IV) beschreibt:

Nach Rom von seinem Landhause in Nomentum zurückkehrend, begegnet er unterwegs der Prozession der Robigalien, die dem heiligen Haine der Göttin Robigo zusteuerte. Nach Vollendung des Opfers von Wein, Weihrauch, den Eingeweiden eines Stückes Vieh und einer Hündin stellt Ovid den mit der Zeremonie beauftragten Priester zur Rede: Warum das so ungewöhnliche Opfer einer Hündin? Darauf antwortet der Flamen, dafs zur Besänftigung des ikarischen Hundes am Himmel, welcher die Saaten verderbt, dieser Hund auf den Altar gelegt werde.

Man erkennt also klar, wie erst nach dem Übergang der griechischen Legende auf römisches Gebiet die Sitte des Hundeopfers entstehen konnte, das natürlich der Maira, also dem Prokyon, gilt.

Aber Poeten haben ihre Lizenzen, und es ist kein Wunder, dafs bei vielen von ihnen, wie bei den Laien überhaupt, kein Unterschied zwischen beiden Hunden gemacht wurde, dafs man auf den Sirius die Diminutivendung und das weibliche Geschlecht der canicula übertrug, während andererseits die Hündin der Erigone vermännlicht wurde. Sternenkunde ist etwas, was man von Dichtern am wenigsten erwartet. Aber auch bei den religiösen Riten wurden bald beide Bilder vermengt, und zur Zeit des Kaisers Vespasian ist es nicht weiter auffallend, dafs ein männlicher Hund auf dem Altar der Robigo, die auch wohl zu einer männlichen Gottheit wird, geschlachtet wird. Es ist also sehr wahrscheinlich, dafs auch die rubra canicula des Horaz den Prokyon bedeutet. Aber, wird man fragen, war denn dieser Stern um Christi Geburt ein roter, da er doch heute durchaus weifs ist, wäre nicht die Schwierigkeit, die uns der Sirius bereitet, einfach auf den Vorhund zu übertragen? Es giebt aber für den Prokyon hier wenigstens einen Anhalt, wie der Dichter zu seinem Ausdrucke gelangt ist. Hatte die Farbe der Pflanzenkrankheit zum Opfer eines rötlichen Hundes geführt, so konnte der Dichter sich sehr wohl herausnehmen, die Farbe des Opfertieres auf den Stern zu übertragen, den er vielleicht gar nicht kannte. Aber was dem Poeten

freisteht, sollte es dem berühmten Lehrer des Nero, dem gewiesenhaften Staatsmanne Seneca auch erlaubt gewesen sein? Es ist zunächst sehr unwahrscheinlich, dafs dieser Philosoph eine irgendwie exakt zu nennende Kenntnis des Sternenhimmels gehabt habe, denn Schiaparelli giebt sogar eine Reihe von Indizien dafür, dafs bei ihm canicula den Sirius bedeute; aber er wird auch diesen eben nur sehr flüchtig gekannt haben. Vielleicht, dafs ein Kundiger, den er darum ersuchte, ihm den Sirius nahe dem Horizonte gezeigt habe, wo ja alle Gestirne eine rote Färbung annehmen, weil bei der weiten Strecke, die das Licht dann in der irdischen Lufthülle zurückzulegen hat, durch die beugenden Wirkungen des darin enthaltenen Staubes die dem violetten Ende des Spektrums näheren Farbentöne zerstört werden und nur das langwellige rote Licht ungehindert durchgelassen wird. Die Rötung der tiefstehenden Sonne und des Mondes, die auch Plinius bekannt war, zeigt uns am deutlichsten diese auch für helle Sterne gut erkennbaren Wirkungen. So weifs sich Schiaparelli auch mit der Autorität Senecas abzufinden, wenn dieser den Sirius für stärker gerötet als selbst den Mars hält, den er wohl hoch am Himmel gesehen hat.

Will man den Beweis vollständig machen, der durch die vorhergehenden Deduktionen die Röte des Sirius bereits sehr gebleicht erscheinen läfst, so gilt es, direkte Zeugnisse für seine weifse Urfarbe aufzufinden. So geben Julius Hyginus und ein anonymer Scholiast des Aratusübersetzers Germanicus Cäsar für ihn direkt die Farbe an, in welcher Horaz den Schnee erscheinen läfst, und welche den römischen Kandidaten ihren Namen eintrug. So spricht Manilius, wahrscheinlich ein Zeitgenosse des Augustus, von dem kalten Lichte des bläulichen Gesichtes des Sirius, der keinem Gestirn im glänzend weifsen Lichte nachsteht. Und der Astrolog Hephästion aus Theben in Ägypten, der am Ende des vierten nachchristlichen Jahrhunderts ein Kompendium über seine Kunst in drei Büchern verfafste, schreibt, wie man nach dem Vorgange alter Weisen das verschiedene Aussehen des Sirius bei seinem ersten Aufgehen im ägyptischen Jahre für Voraussagen über die Gröfse der Nilüberschwemmungen, der Erntemengen und anderer Ereignisse brauchen kann. Der Sirius könne nämlich am östlichen Horizonte grofs und weifs, goldig, rot, klein und bleich, grofs und glänzend, neblig, klein und neblig, dunkel erscheinen. Nach unserem Stande der Kenntnisse sind diese Farben natürlich nicht dem Sirius eigentümlich, sondern Folgen des Zustandes der Atmosphäre, die bei gröfserem oder geringerem Gehalte an flüfsigem und festem Staube ein verändertes Ab-

sorptionsvermögen für die verschiedenen Arten von Strahlen besitzen mufs. Natürlich ist für einen weifsen Stern, dessen Licht sich aus allen möglichen Strahlengattungen des Spektrums zusammensetzt, auch die Mannigfaltigkeit der Farbentöne, in welchen er auftreten kann, eine bedeutende. Vor allem werden die kurzwelligen blauen Strahlen in hervorragendem Mafse verzehrt, und die Folge ist, dafs ein weifser Stern am Horizont gelb und rot erscheinen kann! Umgekehrt wird für gelbe und rote Sterne nicht die Möglichkeit vorliegen, dafs sie je in weifslichen Farbentönen uns erscheinen; ein gelber Stern wird nur gelb oder rot, ein roter nur rot leuchten können, ob er hoch oder tief am Himmel steht. Also deutete auch die Vielheit der Farbentöne, die Hephästion dem Sirius zuschreibt, darauf hin, dafs er zu der Zeit weifs gewesen ist, als die alten Weisen lebten, auf die er sich stützt, und welche nach den angegebenen kalendarischen Merkmalen nicht vor die Zeit des Augustus fällt. Hier haben wir also noch ein positives Urteil für die weifse Farbe des Sirius in der Epoche eines Cicero, Horaz, Seneca, Germanicus Cäsar und eines Ptolemäos.

Einen letzten Prüfstein für die Richtigkeit seiner Kritik sucht Schiaparelli im Vergleich des Sirius mit einem effektiv roten Gestirn, dem auffälligsten unseres nächtlichen Himmels, nämlich mit dem Planeten Mars. Müfste nicht, wenn Sirius rot gewesen wäre, dies nahe ebenso oft wie für den Mars bei Naturforschern und Poeten erwähnt werden, die keine Gelegenheit vorübergehen liefsen, ohne in den unzweideutigsten Haupt- und Beinamen die rote Farbe des Mars zu bezeugen. Ist er bei den Griechen der Feurige, in der rabbinischen Literatur der Blutrote, im Sanskrit die glühende Kohle, so ist das deutlich genug gesprochen. Dies sind die üblichen Namen; die Beinamen des Sirius diesen gegenüber gestellt, enthalten nur ziemlich schüchterne Andeutungen von Röte. Warum nannten die Griechen den roten Stern im Herzen des Skorpions und nicht den soviel helleren Sirius, wenn dieser wirklich rot war, den Gegenmars (Antares)? Und warum zieht sich durch die ganze wissenschaftliche Litteratur eine lange Phalanx von Epitheten, die des Mars rote Farbe bestätigen, während bis auf die angegebenen Stellen, deren Autorität jetzt recht wankend gemacht ist, nichts die rote Farbe des Sirius bezeugt?

So zerstört Schiaparelli die Grundlagen, auf denen bisher die Hypothese von des Sirius roter Urfarbe bestanden hat, und es bleibt uns nichts übrig, als ihm in der Annahme zu folgen, dafs auch zur Zeit jener alten Autoren die Farbe des Sirius von der heutigen nicht wesentlich abwich.

Die Entstehung der Quellen.

Von **Theo Seelmann**, Halle a. S.

Auch da, wo sich sonst günstige Bedingungen darbieten, vermag der Mensch sich nicht anzusiedeln und zu leben, wenn das Land des Wassers entbehrt. Licht und Wasser sind die beiden Haupterfordernisse für die Pflanzenwelt, ja, man könnte fast sagen, dafs das letztere derselben nötiger ist als das erstere. Giebt es doch grofse Ländergebiete, die sich eines vorzüglichen Klimas erfreuen und die dennoch wüst und brach liegen, weil ihnen das Wasser fehlt. Wird ihnen dasselbe künstlich zugeführt, dann keimt und spriefst es voll strotzender Üppigkeit. Gerade solche Gebiete sind es, welche die Frage anregen über die Bildung von Wasseradern und der scheinbar regellosen Entstehung der Quellen.

Von den Niederschlagsmengen, die auf die Erde in Form von Regen, Schnee, Tau oder Nebel herabgehen, verdunstet fast ein Drittel, mehr als ein Drittel läuft wieder auf der Oberfläche ab, und ungefähr ein Drittel sickert in die Tiefe. Zwar trifft dieses Verhältnis nicht überall zu, aber im Durchschnitt ist es richtig. In den vegetationslosen Wüsten und in den zerrissenen Kalkklüften des österreichischen Karstgebirges dringen gröfsere Mengen in den Erdboden, am Südfufse des östlichen Himalaya ist in den regnerischen Distrikten von Assam der oberflächliche Abflufs durch die zahlreichen Ströme gröfser, und in den südlichen Meeren ist die Verdunstung stärker, wie denn im Indischen Ocean an jedem Punkt die jährliche Verdunstungsmenge sich auf drei Meter beläuft, d. h. das Meer würde im Jahre drei Meter infolge der Verdunstung sinken, wenn es nicht durch die Niederschläge Ersatz erhielte; aber im grofsen und ganzen steht doch das in die Erdrinde einsickernde Wasser in dem angegebenen Verhältnis zu der Niederschlagsgröfse. Nehmen wir vorerst einen vollständig trockenen Erdboden an, so wird der niederfallende Regen, um bei diesem allein zu bleiben, anfänglich nur wenige Centimeter tief eindringen. Folgt dann ein weiterer Regengufs, so schreitet die

Feuchtigkeit wieder nach der Tiefe fort, und dieser Vorgang wiederholt sich immer von neuem, bis die Sickerwässer die gröfsten Tiefen erreichen. Übrigens trocknet der Erdboden nie ganz aus. Er bleibt schon bei ungefähr 70 Centimeter unter der Oberfläche dauernd feucht, auch wenn lange Zeit hindurch vollständige Dürre geherrscht hat! Die Abhängigkeit der unterirdischen Wassermasse von der Niederschlagsmenge hat ein Experiment erwiesen, welches man in der Pariser Sternwarte angestellt hat. Man senkte in das Erdreich des Gartens ein sechszehn Meter langes, mit Erde ausgefülltes Rohr, dessen unteres Ende in den Keller geleitet wurde und hier in ein Auffanggefäfs mündete. Das obere Ende kam unmittelbar unter dem Rasen zu liegen und trug einen Trichter von einem Quadratfufs Fläche. Es zeigte sich nun, dafs das Wasser, welches in das Auffanggefäfs sickerte, immer im genauen Verhältnis stand zu der Gröfse des oberirdischen Niederschlags.

Die Mengen, die dem Erdboden an Wasser durch die Niederschläge zugeführt werden, sind sehr bedeutende. Nimmt man an, dafs innerhalb von zwei Tagen soviel Regen fällt, dafs der Boden zehn Centimeter hoch mit Wasser bedeckt sein würde, so kommt schon auf zehn Quadratmeter ein Kubikmeter Wasser, und für eine Quadratmeile ergeben sich 5625000 Kubikmeter. Rechnet man den oberflächlichen Ablauf und die Verdunstung ab, so sinken auf einer Quadratmeile immer noch mindestens 1500000 Kubikmeter Wasser in die Tiefe.

Diese Sickerwässer dienen nun zur Speisung der Quellen. Der Zusammenhang zwischen dem Niederschlag und den Quellen mag kurz an einem Beispiel gezeigt werden. Seit dem Jahre 1873 empfängt die Stadt Wien ihr Leitungswasser von den Quellen, die in den gewaltigen Kalkplateaus des Schneebergs und der Raxalpe im Höllenthal oberhalb Reichenau entspringen. Der Vorratsstock für die Speisung der Quellen befindet sich in den trichterförmigen und kesselartigen Einsenkungen jener Kalkhöhen, in die im Sommer der Regen niederfällt und im Winter die Schneemassen hineingeweht werden. Eine Vermehrung des Wasserreichtums der Quellen tritt nun in Wien jedesmal ein, wenn sich auf den Höhen die Schneeschmelze vollzieht, oder wenn ein stärkerer Regen niedergegangen ist. Nach der Gröfse des Territoriums, das für eine Quelle das Niederschlagswasser auffängt und ansammelt, richtet sich auch die Ergiebigkeit derselben. Eine treffliche Erläuterung hierfür giebt die Wasserarmut auf den Höhen der Schwäbischen Alp und des schweizerischen Juragebirges auf

der einen Seite und der Wasserreichtum auf der anderen Seite in den Thälern. Der Blautopf bei Blaubeuren liefert 280—300 Hektoliter, die Quelle des Schwarzen Kochers 423 Hektoliter, die Vaucluse dagegen, die Quelle der Sorques, 4440—13360 Hektoliter Wasser in der Minute.

Wodurch kommt es aber nun, dafs das in den Erdboden eingedrungene Wasser an bestimmten Stellen als Quelle zu Tage tritt und an anderen nicht? Es ist bekannt, dafs die Erdrinde aus verschiedenen Gesteinsarten zusammengesetzt ist. Diese Gesteinsarten besitzen nun eine verschiedenartige Dichtigkeit, so dafs die einen für Wasser durchlässig sind, die anderen nicht. Durchlässig sind die Humuserde, Sand, Kalk und Geröllmassen, undurchlässig aber Granit und Porphyr, wenn sie nicht Risse und Sprünge haben, und namentlich Thon. Das einsickernde Wasser wird nun früher oder später auf eine solche undurchlässige Schicht treffen und sich, da es nicht durch dieselbe hindurchfliefsen kann, hier ansammeln. Die Lage und Form dieser undurchlässigen Schicht bestimmt in vielen Fällen das Hervortreten der Quellen.

Wir wollen zuerst auf die einfachsten Verhältnisse eingehen, wie wir sie im Gebirge vorfinden. Ob es sich hierbei um einen ganzen Gebirgszug oder um einen einzelnen Berg handelt, ist gleichgiltig, denn der erstere setzt sich ja wieder aus mehreren Bergen zusammen. Der Deutlichkeit halber sei als Beispiel nur ein einziger Berg gewählt, von dem wir annehmen wollen, dafs er die Form eines riesigen Zuckerhutes hat. Doch sei betont, dafs die äufsere Form ohne Belang ist, und dafs die Verhältnisse ebensogut auf einen jeden anders gestalteten Berg passen. Aller Regen, der in das Innere unseres grofsen Zuckerhutes einsickert, wird nach unten sinken. Stellen wir uns nun vor, dafs dort, wo der Berg auf der Ebene aufsteht oder, um von dem Zuckerhut zu sprechen, dafs sich am Boden desselben, den wir vor uns auf einen Tisch gestellt haben, eine undurchlässige Schicht, mag sie nun aus Porphyr, Granit oder Thon bestehen, befindet, so wird sich über ihr das Wasser im Zuckerhut ansammeln. Die Wassermenge wird infolge der Niederschläge immer mehr wachsen, und sie wird sich schliefslich durch irgendwelche Risse und Spalten einen Ausweg suchen und hier hervorquellen. Übertragen wir diese Verhältnisse auf unseren Berg oder auch auf ein ganzes Gebirge, so haben wir einen Einblick in die Entstehung derjenigen Quellen, welche am Fufse eines Berges oder Gebirges hervorbrechen. Man kann diese Quellen, weil wir annahmen, dafs die undurchlässige Schicht horizontal lag, als Horizontalquellen bezeichnen.

Nun braucht die undurchlässige Schicht den Zuckerhut aber nicht nur am Boden und wagerecht zu durchsetzen, sondern sie kann es in jeder Höhe und kann auch schräg liegen. Nehmen wir an, die undurchlässige Schicht durchsetzt den Zuckerhut ungefähr in der halben Höhe schräg, und zwar soll ihr Rand auf der linken Seite des vor uns stehenden Zuckerhutes tiefer liegen als auf der rechten Seite. Alles Wasser, was im Zuckerhut niedersickert, gelangt schliefslich auf die undurchlässige Schicht. Da diese aber nicht wagerecht, sondern schräg geneigt liegt, so fliefst das Wasser, dem Gesetze der Schwere folgend, nach dem tiefsten Punkt ab. Hier mufs es sich ansammeln und endlich auf der linken Seite des Zuckerhutes heraustreten. Auf diese Weise entstehen die Quellen, die mitten aus den Flanken und seitlichen Abhängen der Berge und Gebirge heraustreten. Man bezeichnet sie kurzweg als Schichtquellen.

In den bisherigen Fällen war immer angenommen, dafs die undurchlässige Schicht eine gerade Fläche bildet. Das ist aber nicht stets nötig, sie kann auch gebogen sein und eine Mulde bilden. Denken wir uns, dafs den Zuckerhut eine solche undurchlässige Mulde in Form eines tiefen Tellers durchsetzt. In welcher Höhe dies angenommen wird, ist gleichgiltig, nur soll der Teller wagerecht liegen. Das niedersickernde Wasser wird sich in dem Teller ansammeln, es wird steigen und steigen und endlich über den Rand hinausfliefsen. Wir brauchen nun die Verhältnisse blofs zu vergröfsern und uns einen Berg oder ein Gebirge von einer solchen muldenförmigen Schicht durchsetzt vorzustellen, so wird auch hier das Sickerwasser schliefslich überfliefsen und dort, wo Spalten im Gebirge sind, als Quelle hervorbrechen. Man nennt die Quellen, welche auf die geschilderte Weise entstehen, weil das Sammelwasser sozusagen über den Rand der undurchlässigen Muldenschicht hinwegfällt, Überfallquellen.

Ebenfalls in die bis jetzt ins Auge gefasste Gruppe gehört noch eine vierte Art von Quellen, die Thalquellen.

Denken wir uns, dafs wir zwei Zuckerhüte neben einander gestellt haben, so wird sich zwischen ihnen eine tiefe Kluft oder, wie wir es nennen können, ein Thal befinden. Nehmen wir an, dafs beide Zuckerhüte am Boden von einer undurchlässigen Schicht durchzogen werden, so ist damit die Entstehung von Thalquellen schon erklärt. Denn wie immer, so wird sich auch in diesem Falle bei zwei Bergen oder Höhenzügen, die zusammen ein Thal bilden, das niedersickernde Wasser über den undurchlässigen Schichten ansammeln.

Wir können uns die beiden Schichten auch als eine einzige fortlaufende Schicht vorstellen, die dort, wo die beiden Berge an ihrem Fufse zusammenstofsen, nur unterbrochen ist, und es ist dann ganz selbstverständlich, dafs das Wasser an der Bruchstelle, d. h. im Thale als Quelle zu Tage tritt.

Wie verhält es sich nun aber mit Quellen, die auf Berggipfeln entspringen? Bei den hieher angeführten Quellenarten war immer die Voraussetzung, dafs sich über der undurchlässigen Schicht ein gröfseres Sammelterrain in Gestalt der Bergmasse befand. Bei Quellen auf Berggipfeln fällt aber dieses Sammelterrain scheinbar weg. Es ist schon angedeutet, dafs es sich hier um eine irrtümliche Annahme handelt, denn Quellen, die unmittelbar auf dem höchsten Punkte eines Berges hervorsprudeln, werden sich kaum auffinden lassen. Es ist nun gerade für Berggipfel nicht nötig, dafs das Sammelterrain besonders grofs ist. Denn wenn sie auch nicht mehr als andere Bergteile vom Regen betroffen werden, so werden sie doch aufserordentlich häufig durch die Nebelhauben eingehüllt, und auch der Tau schlägt sich stärker auf ihnen als auf anderen Orten nieder. Unter diesen Umständen genügt schon ein sehr kleines Sammelterrain zur Speisung einer Quelle. Ein Beispiel hierfür ist die Quelle auf dem Brocken, der sogenannte Hexenborn. Sie entspringt auf dem Gipfel, aber doch nicht auf dem höchsten Punkt. Denn noch fünf Meter höher als sie liegen grofse Sumpfflächen, die den besten Beweis dafür abgeben, dafs sich auf Berggipfeln in kleinen Gebieten grofse Wassermengen andauernd erhalten können. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei anderen Gipfelquellen.

In den bisherigen Fällen war stets nur die Rede von Quellen, die auf Bergen entspringen. Bekanntlich brechen aber auch Quellen in der Ebene hervor, und diesen wollen wir uns jetzt zuwenden. Auch hier müssen wir zunächst wieder in geringerer oder gröfserer Tiefe eine undurchlässige Schicht voraussetzen. Dann aber ändern sich die Verhältnisse in einigen Punkten. Wenn man eine U-förmig gebogene Glasröhre nimmt, d. h. zwei aufrecht stehende Röhren, die an ihren unteren Enden durch eine dritte, wagerechte, verbunden sind, weshalb man sie wissenschaftlich auch als kommunicierende Röhren bezeichnet, und in den einen aufrecht stehenden Röhrenschenkel Wasser füllt, so steigt dasselbe in dem anderen Röhrenschenkel so lange, bis es in beiden Röhren die gleiche Höhe erreicht hat. Das Gesetz der kommunicierenden Röhren gelangt nun bei gewissen Quellen in der Ebene zur Anwendung. Man wird selten eine

gröfsere Fläche finden, die vollständig eben ist. Ist die Neigung der Erdoberfläche nur eine allmähliche, und dehnt sie sich über eine Stunde und mehr aus, so merken wir sie gar nicht. Wenn ein Eisenbahnkörper nur um ein Prozent sich neigt oder nach der anderen Seite hin ansteigt, so kann diese Lagenveränderung allein durch das Nivellement, also durch Messung und Berechnung, nachgewiesen werden. Mit dem blofsen Auge bemerken wir die Neigung gar nicht, ja, wenn die Strecke grofs genug ist und die Senkung ganz langsam vor sich geht, so kann der Höhenunterschied zwischen zwei Punkten zehn Meter und darüber betragen, ohne dafs wir diese Sachlage gewahr werden. Nehmen wir an, wir haben eine scheinbare Ebene vor uns, bei der aber der eine Punkt in Wirklichkeit fünf Meter höher, und ein anderer, vielleicht zwei Kilometer davon entfernter Punkt in Wahrheit einen Meter tiefer liegt, so ist der letztere von der unter den beiden Punkten und der ganzen scheinbaren Ebene wagerecht hinwegziehenden undurchlässigen Schicht nur vier Meter entfernt. Der höher gelegene Punkt mit seiner Umgebung sei nun das Sammelterrain für die Niederschlagsmenge. Das einsickernde Wasser gelangt bis zu der undurchlässigen Schicht, staut sich hier und durchnetzt schliefslich das ganze über dieser Schicht liegende Erdreich. Es dringt also auch bis zu dem zweiten, dem tieferen Punkt. Nun tritt das Gesetz der kommunicierenden Röhren in Kraft. Wir haben gesehen, dafs das Wasser in beiden Röhrenschenkeln die gleiche Höhe einnimmt. Den einen Schenkel bildet bei unserem angenommenen Fall das Erdreich von dem höherem Punkte bis zu der undurchlässigen Schicht, den anderen Schenkel das Erdreich von dem tieferen Punkt bis ebenfalls zu der undurchlässigen Schicht. Nun sank das Wasser in dem ersten Schenkel fünf Meter, folglich mufs es in dem zweiten Schenkel ebenso hoch steigen. Da dieser aber um einen Meter kürzer und nur vier Meter lang ist, so mufs es an dem oberen Ende desselben, d. h. an dem zweiten Punkte unserer Ebene, aus dem Erdreich hervortreten und als Quelle hervorsprudeln.

Gewissen Quellen in der Ebene kann aber auch eine andere Entstehungsart zu Grunde liegen. In der Erdrinde finden sich viele Höhlen vor, namentlich dort, wo sich kalkiges Gestein ausbreitet. Dieses Gestein wird von der Luft durchdrungen, und so wird sich auch eine Höhle, wenn sie sich bildet, mit Luft anfüllen. Dagegen wird das Gestein für Luft undurchlässig, wenn es angefeuchtet ist. Nehmen wir nun an, dafs dieser Fall für das die Höhle umgebende Gestein eingetreten ist, und dafs sich gleichzeitig in der Höhle Wasser

angesammelt hat, so wird die in der Höhle eingeschlossene Luft nicht mehr entweichen können. Das Wasser in der Höhle wächst durch den Zuflufs der Sickerwässer mit der Zeit mehr und mehr an und drückt die Höhlenluft immer stärker zusammen. Diese hinwiederum prefst auf das Wasser und die Höhlenwände, und so wird dann einmal ein Zeitpunkt eintreten, wo die Höhlenwände an einer Stelle reifsen. Die zusammengeprefste Luft drückt hier das Wasser hinein, drückt es immer höher und höher, bis es endlich an der Erdoberfläche als Quelle hervorbricht. Da sich der Abflufs in der Quelle und der Zuflufs durch die Sickerwässer so regelt, dafs sich beide das Gleichgewicht halten, so wird die eingeschlossene Luft einen stets gleichen Druck ausüben, und die Quelle wird ununterbrochen fliefsen. Es herrschen hier genau dieselben Verhältnisse wie bei unserer Feuerspritze. Denn auch hier drückt die zusammengeprefste Luft im Windkessel auf das Wasser und wirft es dadurch als Strahl in die Höhe.

Es giebt aber auch Quellen, die nicht fortwährend, sondern nur zu gewissen Zeiten fliefsen. Man bezeichnet sie als aussetzende oder intermittierende Quellen. Bei einem Teil dieser Quellen ist der Wechsel zwischen Fliefsen und Ausbleiben auf den Witterungsgang zurückzuführen. Auch im Gebirge beginnt im März die Sonne schon mächtiger zu wirken, und die auf den Höhen aufgetürmten Schneemassen schmelzen allmählich. Allein die Sickerwässer, die in das Gestein eindringen, brauchen einige Zeit, bevor sie in die gröfseren Tiefen gelangen, wo sie sich nach den gegebenen Verhältnissen stauen. Es wird daher Mai, bis die angesammelte Wassermenge so grofs ist, dafs sie sich Bahn bricht und als Quelle hervortritt. Nach dem Zeitpunkt ihres Erscheinens nennt man derartige Quellen Maiquellen oder Frühlingsbrunnen. In der Schweiz kennt man viele solche Maibrunnen. Der Schnee schmilzt mehr und mehr, die Sickerwässer sinken ununterbrochen in die Tiefe, und die Maiquellen murmeln deshalb bis zum August fröhlich dahin. Aber schon verliert die Sonne wieder von ihrer erwärmenden Kraft, die Nächte werden länger und kälter, und wenn auch die Sickerwässer noch einige Zeit herniedergehen, so erhalten sie doch von oben her keinen Nachschub mehr. Infolgedessen wird die Quelle immer schwächer und schwächer, und im September, wo auf den Höhen bereits wieder Schnee liegt, versiegt sie ganz. So bleibt der Zustand den ganzen Winter hindurch, bis im Frühjahr die Quelle wieder zu neuem Leben erwacht.

Schwieriger ist die Erklärung für einen anderen Teil von aussetzenden Quellen, solchen nämlich, die nur stundenweise fliefsen.

Eine derartige Quelle befindet sich bei Eichenburg in der Provinz Hessen-Nassau, die ganz regelmäfsig alle zwei Stunden ausbleibt, sowie bei Colmar im Elsafs. Ebenso weist Frankreich aussetzende Quellen auf. Besonders bekannt geworden ist diejenige bei Fontesorbe in Languedoc. Bei anhaltendem Regenwetter fliefst sie regelmäfsig; ist aber die Witterung trocken, so fliefst sie während der drei Sommermonate eine halbe Stunde, setzt dann ebensolange aus und läuft von neuem. Stellen wir uns einen Bergabhang vor, der in seinem Innern eine Höhle birgt. Von dem unteren Drittel dieser Höhle soll seitwärts ein Kanal abgehen, der an dem Abhang heraustritt. Dieser Kanal verläuft aber nicht einfach wagerecht, sondern er steigt allmählich bis zu einer gewissen Höhe an und senkt sich dann wieder bis zu seiner Mündungsstelle im Abhang. Nehmen wir beispielsweise an, dafs die Höhle von unten bis oben neun Meter mifst, dann wird der Kanal drei Meter über ihrem Boden seinen Anfang haben. In seinem Verlauf bis zum Abhang hin steigt er nun bis zu einer Höhe, die sechs Metern der Höhle entspricht, und senkt sich dann wieder, sodafs seine äufsere Mündungsstelle im Abhang in einer Höhe von vier Metern zu liegen kommt. Wir wollen uns noch denken, dafs die Höhle ursprünglich den Ableitungskanal nicht besafs und anfänglich mit Luft gefüllt war. Erst nachträglich hat sie sich zum Teil mit Wasser durch die Sickerwässer gefüllt, und je mehr ihre Wassermenge stieg, desto mehr prefste sich die in der Höhle enthaltene Luft zusammen. Schliefslich erfolgt dann der Vorgang, den wir schon bei der Entstehung gewisser Quellen in der Ebene kennen gelernt haben. Die Wandung des Höhlenkessels zerplatzte, und zwar an der Stelle, wo der Ableitungskanal seinen Anfang nimmt, und das Wasser bahnte sich in demjenigen Verlauf nach dem Abhang zu einen Weg, welchen der Kanal dauernd beibehielt. In dem Augenblick, wo die Wandung der neun Meter hohen Höhle platzte, soll diese sieben Meter hoch Wasser enthalten haben. Darüber befand sich noch zwei Meter hoch die zusammengeprefste Luft. Als nun das Wasser ablief, sank natürlich der Wasserspiegel allmählich und die eingeschlossene Luft dehnte sich wieder aus. Wir haben angenommen, dafs der höchste Punkt des Kanals sechs Meter hoch lag. Als das Wasser in der Höhle nur noch sechs Meter hoch war, hätte eigentlich der Abflufs aus der Höhle und somit auch aus der Mündungsstelle des Kanals am Abhange aufhören müssen, denn das Wasser konnte über den sechs Meter hohen Erhebungspunkt des Kanals nicht mehr hinweg. Allein die in der Höhle eingeschlossene Luft war noch so zusammengeprefst, dafs sie weiter einen kräftigen Druck

auf die Wasserfläche ausübte, das Wasser dadurch in die Höhe trieb und über den Höchstpunkt des Kanals hinweg drückte, das nun den abschüssigen Teil desselben hinunterrieselte und am Abhang herausflofs. Sobald etwa das Wasser in der Höhle einen Höhestand von nur noch fünf Metern erreicht hat, so hat sich jetzt die Luft so ausgedehnt, dafs sie auf die Wasserfläche einen ausreichenden Druck nicht mehr auszuüben vermag. Das Wasser gelangt deshalb über den höchsten Punkt des Kanals nicht mehr hinweg, der Abflufs stockt, und die Quelle am Abhang setzt aus. Nun fliefsen aber die Sickerwässer stetig zu; das Wasser in der Höhle wird wieder steigen, und wenn es eine Höhe von sechs Metern erreicht hat, schon von selbst durch den Kanal abfliefsen. Da aber der Zuflufs stärker ist als der Abflufs, so steigt der Wasserspiegel trotzdem höher, und die eingeschlossene Luft wird mehr und mehr zusammengeprefst. Endlich übt sie wieder einen derartigen Druck auf das Wasser aus, dafs sie dasselbe abermals bis auf einen Stand von fünf Metern heraustreibt. Bis jetzt ist die Quelle wieder gelaufen. Nun hat aber die Luft ihre Spannung verloren, und der Abflufs unterbleibt von neuem. Die geschilderten Vorgänge wiederholen sich wechselweise und spielen sich in dem Zeitraum ab, der nötig ist, um die Höhle mit der erforderlichen Wassermenge zu füllen und wieder zu entleeren.

Die Abhängigkeit des Menschen vom Wasser hat denselben von jeher dazu angetrieben, es dort, wo Quellen fehlen, künstlich zu Tage zu fördern. Die Wissenschaft ist heute so weit vorgeschritten, dafs man mit ziemlicher Sicherheit das Vorhandensein einer unterirdischen Wasserader bestimmen kann, und in der Mehrzahl der Fälle werden die daraufhin angestellten Bohrungen nach Wasser von Erfolg gekrönt.

Mittheilungen.

Die Bahn des fünften Jupitertrabanten.

Unsere Kenntnisse über die Bahn des fünften Jupitertrabanten sind gegenwärtig naturgemäfs noch lückenhaft; die grofse Nähe der hellen Jupiterscheibe gestattete bisher nur einzelnen Fernrohren, sich mit einiger Aussicht auf Erfolg an der Beobachtung dieses winzigen Himmelskörpers zu beteiligen, und die seit seiner Entdeckung verstrichene Zeit war verhältnismäfsig kurz, um für eine zuverlässige Bahnbestimmung die erforderlichen Grundlagen zu schaffen. Überdies haben sich die Sichtbarkeitsverhältnisse in den letzten Jahren aufserordentlich ungünstig gestaltet, so dafs schon die Ausbeute der Opposition des Jahres 1895 eine recht mäfsige war, und vorläufig dürfte auf einen Zuwachs an brauchbaren Beobachtungen überhaupt nicht zu rechnen sein. Seit der Entdeckung am 9. September 1892 nahm die Helligkeit des Trabanten beständig ab, wie die folgenden von **Barnard** gefundenen Ordinaten der Helligkeitskurve erkennen lassen, wobei die Entdeckungshelligkeit als Einheit angenommen wurde:

1885: 0.74	1891: 1.06
1886: 0.70	1892: 1.08
1887: 0.71	1893: 1.01
1888: 0.76	1894: 0.90
1889: 0.85	1895: 0.80
1890: 0.97	1896: 0.72

Das Helligkeitsminimum lag hiernach im Jahre 1886, das Maximum im Jahre 1892, und die Entdeckungsaussichten waren damals also thatsächlich am günstigsten. In der ersten Zeit, die **Barnard** am 36-Zöller der Lick-Sternwarte dem neu entdeckten Himmelskörper widmete, liefs er sich ganz richtig von dem Gedanken leiten, dafs er vor der Hand wohl der einzige Beobachter des Trabanten bleiben würde, und die auf diese Beobachtungen verwandte Zeit war daher reichlicher bemessen, als es unter anderen Umständen wohl der Fall gewesen wäre. In wenigen der Entdeckung folgenden Wochen erhielt

Barnard weit über tausend Einzelmessungen, und die Sichtbarkeitsverhältnisse erschienen ihm in jener Periode bei befriedigendem Luftzustande keineswegs ungünstig; für die Messung freilich war der Jupitermond ein schwierigeres Objekt als einer der Marsmonde. Verfinsterungen durch den Jupiterschatten wurden niemals wahrgenommen, ebenso wenig war der Schatten des Satelliten beim Vorübergange vor der Planetenscheibe zu sehen.

Seit dem Oktober 1893 konnte sich auch H. Struve mit dem 30-Zöller zu Pulkowa an den Beobachtungen beteiligen, und auch er fand den fünften Jupitertrabanten im Vergleich zu den schwächsten Saturntrabanten als ein nicht zu schwieriges Objekt; wohl schwächer als Mimas, aber heller als Hyperion. Struve nahm bei guter Luft die Messung stets im hellen Felde mit dunklen Fäden vor. Als Feldbeleuchtung diente ihm hierbei die durch das Licht des Jupiter verursachte Erhellung, eine Methode, deren Vorteile er bei seinen zahlreichen Messungen an den Saturntrabanten genügend schätzen gelernt hatte. Während der Einstellung selbst wurde Jupiter durch die Okularbewegung aus dem Gesichtsfelde entfernt, meistens unter Zuhülfenahme eines Okulardiaphragmas, welches das Gesichtsfeld um den dritten Teil verdeckte. Barnard blendete bei seinen Messungen die Jupiterscheibe durch ein geschwärztes Stück Glimmer ab und beobachtete mit hellen Fäden im dunklen Felde. Da beide Beobachter inzwischen den Ort ihrer bisherigen Thätigkeit verlassen haben, und da sich der Trabant für die nächsten Jahre voraussichtlich der Beobachtung entziehen dürfte, so sind die Messungen jetzt zu einem gewissen Abschlufs gelangt. Dr. F. Cohn in Königsberg i. Pr. unterzog sich der dankenswerten Aufgabe, aus diesem, sich über drei Oppositionen erstreckenden Material die Bahnelemente herzuleiten.[1]) Von anderer Seite wurden nur vereinzelte Beobachtungen ohne weitere Bedeutung bekannt, so am 26zölligen Refraktor der Leander Mc Cormick Sternwarte und am 25-Zöller von Princeton.

Wegen des geringen Abstandes des Mondes vom Planeten konnten die störenden Einwirkungen der Sonne und der übrigen Trabanten als belanglos unberücksichtigt bleiben; dagegen zeigte sich die Abplattung des Jupiter von erheblichem Einflufs auf die Veränderungen der Apsidenlinie und der Knotenlage. Von der Oberfläche des Planeten an gerechnet beträgt die Entfernung des fünften Mondes nämlich nur etwa 14 600 Meilen, d. h. eine im Verhältnis zu den übrigen Dimensionen des Jupitersystems ganz aufserordentlich geringe Gröfse.

[1]) Astronom. Nachrichten No. 3403/4.

Zur endgiltigen Bahnbestimmung wurden die aus den Jahren 1892 und 1893 vorliegenden Messungen benutzt, und als definitive Bahnelemente ergaben sich, reduziert auf die Epoche 1892 November 1,00:

Exzentrizität der Bahn = 0.00501 ± 0.00041.

Länge des Perijoviums = 207.°2 ± 6.°2.

Jährliche Bewegung desselben = 911.°7 ± 8.°1.

Tägliche Bewegung des Trabanten in seiner Bahn = 722.°63160.

Umlaufszeit = $11^h\ 57^m\ 22.^s6790 \pm 0.^s0145$.

Halbe grofse Achse = 48.″ 025 ± 0.″ 005.

Neigung der Bahn < 30′.

Für die Ableitung der halben grofsen Achse aus dem dritten Keplerschen Gesetz ist die Newcombsche Masse des Jupitersystems 1 : 1047.35 zu Grunde gelegt.

Der grofse Einflufs der Abplattung des Jupiter auf die Bewegung seines fünften Mondes ermöglicht nun aber auch umgekehrt einen Rückschlufs aus den Trabantenstörungen auf die Gröfse der Abplattung selbst, und die theoretischen Untersuchungen nach dieser Richtung hin zeigten, dafs unter den äufsersten noch zulässigen Annahmen über den Äquatorialdurchmesser des Jupiter und die jährliche Bewegung des Perijoviums des fünften Satelliten die Abplattung zwischen den Werten 1 : 15.73 und 1 : 14.73 liegen müsse. Mit dieser theoretisch gefundenen Abplattung stimmen nun aber die durch direkte Messungen, namentlich durch die neueren Heliometerbeobachtungen erhaltenen Werte nicht überein; vielleicht mit alleiniger Ausnahme des Besselschen (Königsberger Beobachtungen Bd. XIX 1 : 15.6) sind sie durchgehends kleiner. Ein Vergleich zwischen Theorie und Beobachtung hat gegenwärtig um so mehr Berechtigung, als Prof. Schur in Göttingen, der sich durch seine Messungen an der Figur des Jupiter verdient gemacht, unläugst in den Astronomischen Nachrichten[2]) seine Untersuchungen über den äquatorialen und polaren Durchmesser des Planeten nach den besten Heliometermessungen der Neuzeit veröffentlicht hat. Aufser auf die Arbeiten Bessels am alten Königsberger Heliometer erstreckte sich die Diskussion noch auf bisher unreduzierte Beobachtungen Winneckes aus dem Jahre 1857 am 6-zölligen Heliometer zu Bonn, auf gröfsere Messungsreihen am Oxforder Heliometer und vor allem auf die von Schur selbst am Strafsburger Heliometer unternommenen Beobachtungen, die später an dem neuen grofsen Heliometer der Göttinger Sternwarte eine schätzenswerte Fortsetzung erhielten. Die einzelnen Resultate für den äquatorialen und den polaren

[2]) No. 3374 etc.

Durchmesser sowie für die Abplattung des Jupiter zur Zeit der Opposition sind die folgenden:

Beobachter:	Äquatorial-durchmesser:	Polar-durchmesser:	Abplattung:
Bessel	37".66	35".24	1 : 15.6
Johnson	37.31	35.11	1 : 16.9
Winnecke	37.39	35.20	1 : 17.1
Main	37.14	34.94	1 : 16.9
Bellamy	37.19	35.02	1 : 17.1
Schur	37.42	35.10	1 : 16.2

Legt man den Messungen Bessels, Winneckes und Schurs im Vergleich zu den übrigen doppeltes Gewicht bei, so folgt im Mittel aus allen Heliometermessungen:

für den Äquatordurchmesser 37".40
„ „ Polardurchmesser 35".13
„ die Abplattung 1 : 16.52,

welche Werte gegenwärtig als die besten vorhandenen angesehen werden müssen. Z.

Von der Harvard-Sternwarte.

Bekanntlich gehören die grofsen amerikanischen Sternwarten. die sämtlich durch private Munificenz ins Leben gerufen worden sind, zu den bedeutendsten wissenschaftlichen Werkstätten der Gegenwart und bereiten so manchem altehrwürdigen Institut der alten Welt eine empfindliche, für die Wissenschaft natürlich nur segenbringende Konkurrenz. Die emsigste Thätigkeit unter diesen amerikanischen Observatorien entfaltet zweifellos die Harvard-Sternwarte in Cambridge, die unter der Leitung des genialen E. C. Pickering neben bedeutenden männlichen Kräften auch einen ganzen Stab weiblicher Assistenten beschäftigt, welche mit der ihrem Geschlechte eigenen Begeisterung und unermüdlichen Beharrlichkeit eine überwältigende Fülle von hauptsächlich auf photographischem Wege gewonnenem Beobachtungsmaterial mit bewundernswertem Organisationstalent ordnen und ausnützen. Während sich zur Herstellung der grofsen photographischen Himmelskarte eine beträchtliche Anzahl von Sternwarten vereinigt hat, um je einen Teil der mühevollen Arbeiten mit aller Sorgfalt durchzuführen, ist von der Harvard - Sternwarte ganz allein der gesamte Himmel schon wiederholt in allen seinen Teilen photographiert worden; die Sterne des südlichen Himmels wurden zu

Areqnipa in Peru, wo eine in grofser Meereshöhe gelegene Filiale eigens zu diesem Zwecke gegründet ward, aufgenommen, während die Bearbeitung der Platten in Cambridge geschah, sodafs M:fs Fleming am Arbeitstische zu Cambridge neue nnd veränderliche Sterne des südlichen Himmels entdecken konnte. Nach dem neuesten Arbeitsplane sollen summarische Himmelsphotographien mittelst eines besonderen automatischen Apparats, der auf jeder Platte ein Feld von zehn Quadratgrad abbildet, in so beschleunigtem Tempo durchgeführt werden, dafs etwa alle Monat die gesamte nördliche Halbkugel mit Einschluss der Sterne 14. Grösse einmal fixiert wird. Selbstverständlich kann jedoch nicht eine detaillierte Ausmessung aller dieser Aufnahmen beabsichtigt sein, wie sie bei der Herstellung der internationalen photographischen Himmelskarte erfolgen mufs. Pickering will vielmehr durch sein Verfahren nur eine Art Himmelsarchiv schaffen, welches die Astronomen in den Stand setzen soll, jede etwa neu bekannt werdende Entdeckung zeitlich soweit als möglich zurück zu verfolgen, also z. B. nach der zufälligen Auffindung einer Nova genau festzustellen, wann in Wirklichkeit das anfangs begreiflicherweise unbemerkt gebliebene Aufleuchten des Sternes erfolgt ist. Auch an andere Sternwarten können derartige Serien von Himmelsphotographien zum Preise von 400 M. für eine Hemisphäre abgegeben werden, sodafs selbst an Orten, wo instrumentelle Hilfsmittel nicht zu Gebote stehen, wichtige, selbständige Forschungen unternommen werden können.

Auf der Harvard-Sternwarte selbst werden die Platten vorzugsweise zu photometrischen Bestimmungen verwendet. Die Photometrie und die spektralanalytische Klassifikation der Sterne bilden ja das eigentliche Spezialgebiet E. C. Pickerings. Dieser hat selbst eine ganze Reihe von verschiedenartigen Photometern für visuelle Beobachtung erfunden, und es ist klar, dafs die mit deren Hilfe ermittelten, in der „Harvard Photometry“ niedergelegten Resultate durch Untersuchung der photographischen Aufnahmen eine wichtige Ergänzung erfahren können. Für photometrische Zwecke werden von Pickering vielfach auch Fixsternaufnahmen aufserhalb des Focus aufgenommen, sodafs sich jeder Stern als kleines Scheibchen abbildet, aus dessen gröfserer oder geringerer Schwärzung im Vergleich mit einer Kollektion von typischen Objekten die Gröfse abgeschätzt wird, während man bei Focusaufnahmen auf die durch eine Art von Irradiation zu stande kommenden, gröfseren oder geringeren Durchmesser der eigentlich punktförmigen Stern-Bildchen angewiesen ist.

Die spektroskopischen Forschungen Pickerings erfolgen be-

kanntlich mit Hilfe des Objektivprismas. Es ist dies ein vor das Fernrohrobjektiv gesetztes Prisma von nahezu gleicher Öffnung bei sehr geringem, brechenden Winkel (z. B. 13°). Alle im Gesichtsfeld des Fernrohrs sichtbaren Sterne werden dann in winzige Spektren ausgedehnt, welche immerhin den allgemeinen Typus leicht erkennen lassen. Wir haben im siebenten Bande dieser Zeitschrift (Seite 187) eine Probe dieser Spektralaufnahmen reproduziert, mittelst deren Pickering einen Katalog von über 10 000 Sternspektren fertigstellen konnte. Dabei wurden von Mifs Fleming 70 Sterne mit ganz eigenartigen, nur aus hellen Linien bestehenden Spektren, und zwar sämtlich innerhalb der Milchstrafse gelegen, entdeckt, die man als Sterne vom fünften Secchischen Spektraltypus zu bezeichnen pflegt.

Es erübrigt noch, auf die gleichfalls der Harvard-Sternwarte eigentümliche, von Mifs Wells angewendete Methode der Aufsuchung bemerkenswerter Objekte durch Deckung symmetrischer Aufnahmen, über die wir gleichfalls im siebenten Bande dieser Zeitschrift (Seite 97) berichtet haben, sowie auf die fortlaufende photometrische Beobachtung der Verfinsterungen der Jupitertrabanten hinzuweisen, um das Bild von der überaus vielseitigen und anregenden Thätigkeit, welche auf der Harvard-Sternwarte herrscht, einigermafsen zu vervollständigen, wenngleich hier nur die wichtigeren, gröfseren Arbeiten Erwähnung finden konnten, neben denen noch mannigfache Einzeluntersuchungen beständig einhergehen. F. Kbr.

Neueste Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde. In einer Kasematte der Festung Spandau ist im vorigen Jahre von den Herren F. Richarz und O. Krigar-Menzel eine bereits im Jahre 1884 begonnene Untersuchung zum Abschlufs geführt worden, welche die möglichst genaue Bestimmung der mittleren Erddichtigkeit auf einem neuen Wege zum Ziele hatte. Während man früher entweder die Abnahme der Schwerkraft in tiefen Bergwerken, oder die das Pendel ablenkende Anziehungskraft schwerer Massen (Bergmassive oder künstlich zusammengesetzte Körper), oder endlich die Einwirkung solcher anziehenden Massen auf die Coulombsche Drehwage zur Ermittelung der mittleren Dichtigkeit der Erdkugel benutzt hatte, kam im vorliegenden Falle eine eigens zu dem Zwecke von Stückrath konstruierte, grofse Präzisions-Doppelwage zur Verwendung, die auf jeder Seite zwei in beträchtlichem Abstande senkrecht über einander befindliche und unter sich fest verbundene Wagschalen trug.

Nachdem durch Vorversuche, bei denen je ein Kilogramm bald in der unteren Schale links und in der oberen rechts, bald umgekehrt lagen, der bei der Genauigkeit solcher Messungen sehr merkliche Betrag der Abnahme der Schwerkraft für das obere Kilogramm gegenüber dem unteren festgestellt und auch die Einwirkung etwaiger Temperaturdifferenzen zwischen oben und unten ermittelt war, während die Wirkung der Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe durch geeignete Hohlgewichte eliminiert wurde, konnte dazu übergegangen werden, die Anziehungskraft einer gewaltigen, zwischen den oberen und unteren Wagschalen aufgebauten Bleimasse (9 cbm im Gewicht von 100 000 kg) durch Wägungen zu ermitteln, bei denen die benutzten zwei Kilogrammgewichte wieder wie bei den Vorversuchen in je einer oberen und der entgegengesetzten unteren Wagschale lagen. Die Anziehung der Bleimasse mufs offenbar bei dieser Anordnung die Last des einen (oben befindlichen) Kilogramms vermehren, diejenige des andern (unten gelegenen) dagegen um einen gleichen Betrag vermindern. Nachdem diese Gröfse durch Beobachtung der Wageschwingungen gemessen war, konnte nun die sogenannte Gravitationskonstante berechnet werden, d. h. die Beschleunigung, welche eine Masseneinheit (Gramm) einer anderen in der Einheit der Entfernung (Centimeter) befindlichen infolge der Anziehungskraft während einer Sekunde zu erteilen vermag. Es ergab sich:

$$G = (6{,}685 \pm 0{,}011)\ 10^{-8}\ \frac{cm^3}{g\ sek^2},$$

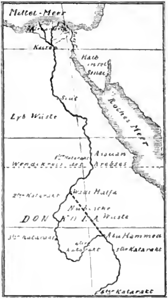
wobei der Zusatz ± 0,011 den wahrscheinlichen Fehler des Resultates und der am Schlufs hinzugefügte Bruch die sogenannte Dimension von G anzeigt. Durch Vergleichung der Zahl G mit der durch Pendelversuche genau bekannten Beschleunigung g, welche jeder fallende Körper durch die Erdanziehung erfährt, ergab sich alsdann für die mittlere Dichtigkeit der Erde, bezogen auf Wasser, die Zahl:

$$\Delta = (5{,}505 \pm 0{,}009)\ \frac{g}{cm^3}.$$

Dieses Ergebnis ist etwas kleiner als das vor einigen Jahren von Wilsing in Potsdam nach anderer Methode gewonnene (5,577), stimmt jedoch mit den von Boys und von Poynting gefundenen Werten (5,527 bezw. 5,493) befriedigend überein. F. Kbr.

Plan zur Erzeugung von Elektrizität in den Nil-Katarakten.

Die Abteilung der öffentlichen Arbeiten in Ägypten ist schon lange mit Plänen für Dämme am Nil beschäftigt, um die Bewässerung zu verbessern. Nachdem dieselbe neuerdings erfahren hat, dafs die jetzt in den Stromschnellen des Nils, die im allgemeinen Katarakte heifsen, vergeudete ungeheure Energie in elektrische Kraft umgewandelt und sogar beträchtliche Strecken weiter geleitet werden



kann, dorthin, wo eine ökonomische Kraftform sehr zur Entwickelung und Wohlhabenheit des Landes beitragen würde, ersuchte sie Prof. George Forbes während der Periode hohen Nilwassers nach Ägypten zu gehen und die Örtlichkeiten, wo Kraft entwickelt werden könnte, bis zur Südgrenze Ägyptens zu erforschen. Prof. Forbes sollte über die Fähigkeiten aller Stromschnellen Bericht erstatten und Pläne und Anschläge für Werke, sowohl in Verbindung mit als auch unabhängig von den vorgeschlagenen Bewässerungsdämmen, anfertigen. Der Bericht, welcher im September 1898 fertig gestellt sein soll, wird ferner noch das Schema zur Übertragung der elektrischen Kraft nach Orten, wo man derselben bedarf, enthalten.

Die unmittelbar in die Augen fallenden Hauptnachfragen nach Kraft beziehen eich auf Eieenbahnen, Pumpwerke in Verbindung mit der Bewässerung und auf die grofeen Zuckerfabriken, die jetzt errichtet eind. Das Vorhandeneein dieser Kraft wird ohne Zweifel auch andere Industriezweige anspornen.

Prof. Forbes hat eich durch persönliche Kenntnisnahme davon überzeugt, dafs die erforderlichen Werke nicht zu teuer sein würden, und dafs die ökonomieche Entfernung für die Übertragung die Orte erreicht, an denen Kraftnachfrage ist. Die Bedingungen hohen oder niedrigen Nilwaseere sind sehr verschieden; aber das bietet kein unüberwindliches Hindernis. Beim ersten Katarakt ist die verfügbare Kraft bei hohem Nilstande 500 000, bei niedrigem 350 000 Pferdestärken.

Die zu errichtenden Pumpwerke werden weite Flächen versehen und auf jetzt bebauten Flächen noch gröfsere Ernten hervorbringen lassen. Taueend Jahre lang ist jede Besserung in Ägypten vom Nil und der Bewässerung hergekommen. So wird es auch in Zukunft sein. Aber es iet auch daran zu erinnern, dafs dio Zuckerrohr-Industrie sich echon in den letzten Jahren bis zu einer beträchtlichen Ausdehnung eutwickelt hat. Die Fabriken brauchen eine grofse Kraftmenge, und die das Zuckerrohr erzeugenden Ländereien erfordern Bewässerung durch Pumpen. Hier ist ein ungeheuer weitee Feld für den Verbrauch billiger Kraft.

Der erste Katarakt ist der wichtigste für die Ausnutzung, aber die anderen müesen auch in die Hand genommen werden. So hatte z. B. vor der Zeit des Mahdi die Provinz Donkola 8000 Sakias zum Pumpen des Rieselwaesers, welche jetzt fast alle fort sind. Diese gebrauchten jeder acht Stück Vieh, die Stück für Stück 200 M. kosteten. Dazu ist also eine Kapitalanlage von 12 800 000 M. orforderlich, die jetzt durch den Gebrauch von elektrischen Pumpen erspart werden wird, deren Kosten sich weit geringer stellen. Der Bau der Wüsteneisenbahn von Wadi-Halfa nach Abu-Hamed würde seiner Schwierigkeiten in Beziehung auf Kohlen- und Wasserversorgung entkleidet worden sein, wenn man elektrisehe statt Dampf-Lokomotiven verwendet hätte.

(Nature, 1897 April 15.)

Leutnant Pearys Plan, den Nordpol zu erreichen, wolchen die amerikanische geographische Gesellschaft für gut befunden hat, wird

von ihm, wie folgt, auseinandergesetzt. Er will an der Westküste Grönlands bis zur nördlichsten Ansiedelung entlang gehen, dort 5 oder 6 jüngere Ehepaare veranlassen, sich eine neue Ansiedelung soweit nördlich zu gründen, wie der Dampfer ohne besondere Störung vordringen kann, wahrscheinlich auf einer Insel in dem Archipelagus und innerhalb einer Entfernung von 580 km vom Pole. Die Niederlassung wird auf 3 Jahre verproviantiert werden und nur noch von einem oder zwei Weifsen aufser ihm selbst bewohnt sein. Alle werden nach Art der Eskimos zusammenleben und, wenn nötig, jahrelang auf günstige Verhältnisse warten, um die Schlittenreise übers Eis zu machen, die mit einer Geschwindigkeit von 16 km für den Tag, also in 72 Tagen bis zum Nordpol und zurück ausgeführt werden kann. Jedes Jahr soll das Schiff mit frischem Proviant die Station aufsuchen, aber der eiserne Fond wird genügen, um die Expedition im Falle eines Fehlschlagens auf ein oder sogar zwei Jahre ausreichend zu unterstützen. Die Ausgaben des Unternehmens, wenn es sich mehrere Jahre in die Länge ziehen sollte, werden auf weniger als 150 000 Dollar geschätzt mit der Wahrscheinlichkeit, dafs dieser Betrag bei baldiger Erreichung eines Erfolges sich sehr stark reduzieren wird. (Nat. 1897 April 15.)

Bibliographisches

Geologischer Wegweiser durch das Dresdener Elbthalgebiet zwischen Meifsen und Tetschen. Von R. Beck. Berlin, Gebr. Bornträger, 1897. VIII und 162 S. Mit einer Karte. Preis 2,50 M.

Von den 13 Sektionen der geologischen Spezialkarte von Sachsen (1 : 25 000), deren Gebiet in dem vorliegenden Büchlein besprochen wird, hat Herr Prof. Beck acht zum Teil allein, zum Teil mit anderen Geologen aufgenommen; einen kundigeren Führer wird man also wohl nicht leicht finden können. Der Inhalt des Buches gliedert sich in 14 Exkursionen, von denen 7 Tagestouren, die übrigen Halbtagstouren sind. Es sind bestimmte Routen fortlaufend erläutert worden, und der Wanderer wird an jedem wichtigen Punkte auf alle geologisch interessanten Einzelheiten aufmerksam gemacht. Schon nach wenigen Exkursionen ist der Wanderer mit dem ganzen geologischen Aufbau der Gegend vertraut geworden; die folgenden Ausflüge dienen dazu, das Gewonnene zu erweitern und zu vertiefen.

Das Buch ist allen, die die landschaftlich und geologisch so interessante Umgegend Dresdens von geologischen Gesichtspunkten aus kennen lernen wollen, aufs angelegentlichste zu empfehlen. Eine topographische Übersichtskarte (1 : 300 000), auf der die Touren eingetragen sind, sowie ein Sach- und Ortsregister erleichtern den Gebrauch des Buches. Dr. Korn.

Verzeichnis der vom 1. Februar 1897 bis 1. August 1897 der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher.

Albrecht, G., Die Elektrizität. Mit 38 Abbildungen. Heilbronn, Schröder & Co., 1897.

Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution showing the Operations, Expenditures and Condition of the Institution to July 1894. Washington, Government Printing Office, 1896.

Bergens Museums Aarbog for 1896. Afhandlinger og Aarsberetning, udgivne af Bergens Museum. Bergen, Joh. Griegs Bogtrykkeri, 1897.

Brenner, L., Jupiter-Beobachtungen an der Manora-Sternwarte 1895—1896. Mit 8 Tafeln. Wien, K. K. Hof- und Staatsdruckerei, 1897.

Dannemann, F., Grundrifs einer Geschichte der Naturwissenschaften. Zugleich eine Einführung in das Studium der naturwissenschaftlichen Litteratur. I. Band: Erläuternde Abschnitte aus den Werken hervorragender Naturforscher. Mit 44 Abbildungen in Wiedergabe nach den Originalwerken. Leipzig, Wilh. Engelmann, 1896.

Drescher, A., Werden · Sein · Vergeben. Zur Grundlegung der Philosophie auf naturwissenschaftlicher Basis. Giefsen, J. Rückertsche Buchhandlung, 1897.

Ergebnisse der Meteorologischen Beobachtungen an den Landesstationen in Bosnien und der Herzegowina im Jahre 1895. Herausgegeben von der Bosnisch-Herzegowinischen Landesregierung. Wien, 1896.

Ferdinand, M, Sexual-Mystik der Vergangenbeit. Leipzig, Wilh. Friedrich.

Folie, F., Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique, 1897. 64. Année. Bruxelles, F. Hayez, 1897.

Fritsch, K., Excursionsflora für Österreich (mit Ausschlufs von Galizien, Bukowina und Dalmatien). Mit teilweiser Benutzung des botanischen Excursionsbuches von G. Lorinsen. Wien, C. Gerolds Sohn, 1897.

Gautier, E. & R., Nouvelles moyennes pour les principaux éléments météorologiques de Genève de 1826 à 1895 (Extr. d. Archives d. Sciences physiques et naturelles, t. III). Genève, Imprimerie Rey & Malavallon, 1897.

Grünwald, F., Elektrische Beleuchtungsanlagen. 2. Auflage. Halle a. S., Wilh. Knapp.

Günther, S., Handbuch der Geophysik. 2. gänzlich umgearbeitete Auflage. I. Band. Stuttgart, Ferd. Enke, 1897.

Häntzschel, C. R., Reisehandbuch für Amateur-Photographen. Wilh. Knapp, Halle a. S.

Hahn, J., Versuch einer theoretischen Darstellung des täglichen Ganges der Lufttemperatur. Halle, Wilh. Engelmann, 1895. (Nova Acta d. Ksl. Leop.-Carol. Deutsch. Akademie d. Naturforscher. Bd. LXVII, No. 2.)

Hausschatz des Wissens (Abteilung II). Das Tierreich, von Dr. Heck, P. Matschie, Prof. v. Martens, B. Dürigen, L. Staby, E. Krieghoff. 2 Bände. Neudamm, J. Neumann.

Herrmann, O., Glazialerscheinungen in der geologischen Vergangenheit. Hamburg, Verlags-Anstalt und Druckerei A.-G., 1896.

Hilfstafeln für praktische Mefskunde nebst logarithmisch-trigonometrischen Tafeln. Zusammengestellt von O. Müller. Zürich, F. Schulthess, 1897.

Hildebrand Hildebrandsson, Bulletin mensuel de l'Observatoire météorologique de l'Université d'Upsal. Vol. XXVIII. Année 1896. Upsal, E. Berling, 1896/97.

Holden, E. S., Mountain Observatories in America and Europe. Smithsonian Institution, 1896.

Hundertjährige Irrtümer auf astronomischem und naturwissenschaftlichem Gebiete und Rückführung derselben auf ihre wahren Verhältuisse. Bearbeitet nach eigenen Forschungen von einem Freunde einfacher Naturerklärungen. Wien, Im Sonderverlage, 1896.

Kammermann, A., Résumé météorologique de l'année 1896 pour Genève et le Grand Saint-Bernard. (Tiré des archives des sciences de la bibliothèque universelle, Mars et avril 1897.) Genève, Imprimerie Rey & Malavallon, 1897.

Knipping, E, Die jährliche Periode der mittleren Richtung der Winde, unteren und oberen Luftströme in Japan. Mit Tabellen und 2 Tafeln (Nova Acta d. Ksl. Leop.-Carol. Deutsch. Akademie d. Naturforscher. Bd. LXVII, No. 2.)

Knott, C. G., On Lunar Periodicities in Earthquake Frequency. (From the Proceedings of the Royal Society.)

Kobelt, W., Studien zur Zoogeographie. Die Molusken der Palaearktischen Regien. Wiesbaden, C. W. Kreidels Verlag, 1897.

Kobold, H, Untersuchung der Eigenbewegungen des Auwers-Bradley-Catalogs nach der Besselschen Methode. Mit 6 Tafeln, No. X—XV. (Nova Acta d. Ksl. Leop.-Carol. Deutsch. Akademie d. Naturforscher. Bd. LXIV, No. 5.) Halle, Leipzig, Wilh. Engelmann, 1895.

König, H., Dauer des Sonnenscheins in Europa. Mit einer Karte und einer Tafel, No. II und VII. 1896, Halle, Wilh. Engelmann, Leipzig. (Nova Acta d. Ksl. Leop.-Carol. Deutsch. Akademie d. Naturforscher. Bd. LXVII, No. 2.)

Kronecker, Fr., Von Javas Feuerbergen. Das Tenyger-Gebirge und der Vulkan Bromo, 2380 m über dem Meeresspiegel. Mit 10 Vollbildern, zwei kleinen Karten und einer grofsen Karte. Oldenburg und Leipzig, Schulzesche Hofbuchhandlung, 1897.

Krämer. A., Über den Bau der Korallenriffe und die Planktonverteilung an den Samoanischen Küsten, nebst vergleichenden Bemerkungen. Anhang: Über den Palelowurm, von Dr. A. Collin. Kiel und Leipzig, Lipsius & Tischer, 1897.

Lamprecht, G., Wetterperioden. (Wissenschaftliche Beilage zum Jahresbericht des Gymnasiums zu Bautzen. Ostern 1897.) Bautzen, E. M. Mouse.

Landsberg, B., Streifzüge durch Wald und Flur. Eine Anleitung zur Beobachtung der heimischen Natur in Monatsbildern, für Haus und Schule bearbeitet. 2. Auflage. Mit 84 Illustrationen. Leipzig, B. G. Teubner, 1897.

Lentz, K., Was ist Gott? Was ist unsere Seele? Wo leben wir weiter? Eine systematische Erklärung auf mathematischer Grundlage volkstümlich abgeleitet Bolchen. Strafsburg i. E., Fr. Schlesier, 1896.

Majlert, H., Essai sur les éléments de la mécanique des particules. I. Part. Statique particulaire avec 14 planches. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1897.

Meyers Konversations-Lexikon. Fünfte Auflage, Band 6—15. Leipzig, Bibliographisches Institut.

Paulsen, A., Annales de l'Observatoire magnétique de Copenhague. Années 1893—94. Copenhague, G. E. C. Gad, 1896.

Pernter, J. M., Die Farben des Regenbogens und der weifse Regenbogen. (Aus den Sitzungsberichten der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse. Band CVI, Abteilung II a. März 1897.) Wien, K. K. Hof- und Staatsdruckerei, 1897.

Precht, S., Untersuchungen über Kathodenstrahlen.

Prinz, W., Esquisses Sélénologiques. II. Généralités sur certaines Manifestations Eruptives terrestres d'application possible à la Sélénologie (Extr. de la revue Ciel et Terre). Bruxelles, P. Weifsenbruch, 1897.

v. Rebeur-Paschwitz, Das Horizontalpendel und seine Anwendung zur Beobachtung der absoluten und relativen Richtungsänderungen der Lotlinie. Mit 5 Tafeln, No. I—V. (Nova Acta d. Ksl. Leop.-Carol. Deutsch.

Akademie d. Naturforscher. Bd. LX, No. 1.) Halle 1892. Wilh. Engelmann, Leipzig.

Reinhertz, C., Mitteilung einiger Beobachtungen über die Schätzungsgenauigkeit an Mafsstäben, insbesondere an Nivellierscalen. Mit zehn Tafeln, No. I—X. (Nova Acta d. Ksl. Leop.-Carol. Deutsch. Akademie d. Naturforscher. Bd. LXII, No. 2.) Halle 1894. Wilh. Engelmann, Leipzig.

Researches of the Evolution of the Stellar Systems. Vol. I. By T. J. J. See. 1896. Thos. P. Nichols Publishers, Lynn, Mass., U. S. A.

Réunion du Comité international permanent pour l'exécution de la carte photographique du ciel. Tenue a l'Observatoire de Paris en Mai 1896. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1896.

Riem, Joh., Über die Bahn des grofsen Kometen 1881 III (Tebbut). Nova Acta d. Ksl. Leop.-Carol. Deutsch. Akademie d. Naturforscher. Bd. LXVI, No. 2.) Halle 1895. Wilh. Engelmann, Leipzig.

Schumann, K., und Gilg, E., Das Pflanzenreich. Ein Handbuch für den Selbstunterricht sowie ein Nachschlagebuch für Gärtner, Land- und Forstwirte und alle Pflanzenfreunde. Neudamm, J. Neumann, 1897.

Section des Sciences (Section 5). Exposition internationale de Bruxelles en 1897. Bruxelles, Imprimerie Polleunis & Ceuterick, 1896.

Studnicka, F. J., Bis ans Ende der Welt. Astronomische Causerien. 2. ergänzte Auflage. Mit zahlreichen Illustrationen. Prag, Fr. Rivnac, 1896.

Transactions of the Academy of Science of St. Louis. Vol. III, No. 11. Flexure of Telescopes. Milton Updegraff.

Twietmeyers, A., Vorzeichnis der gangbarsten ausländischen Zeitschriften. 1897, Leipzig.

Volkmann, P., Erkenntnistheoretische Grundzüge der Naturwissenschaften und ihre Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart. Allgemeinwissenschaftliche Vorträge. Leipzig, B. G. Teubner, 1896.

Vorlesungen über theoretische Physik von H. v. Helmholtz. Band V. Vorlesungen über die elektromagnetische Theorie des Lichts. Herausgegeben von Arth. König und Carl Runge. Mit 54 Figuren im Text. Hamburg und Leipzig, L. Vofs, 1897.

Wallentin, Ig. G., Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus. Mit besonderer Berücksichtigung der neueren Anschauungen über elektrische Energieverhältnisse und unter Darstellung der den Anwendungen in der Elektrotechnik zu Grunde liegenden Prinzipien. Mit 230 in den Text aufgenommenen Holzschnitten. Stuttgart, Ferd. Enke, 1897.

Wasmann, E., Instinkt und Intelligenz im Tierreich. Ein kritischer Beitrag zur modernen Tierpsychologie. Freiburg i. B., Herdersche Verlagsbuchhandlung, 1897.

„ E., Vergleichende Studien über das Seelenleben der Ameisen und der höheren Tiere. Freiburg i. B., Herdersche Verlagsbuchhandlung, 1897.

Weinek, L., Provisorische Resultate aus den fortlaufenden Polhöhen-Messungen an der K. K. Sternwarte zu Prag vom 26. Februar 1889 bis 29. Mai 1892. Abgeleitet von Robert Liebloin. Prag, K. K. Hofbuchdruckerei A. Haase, 1897.

Wildermann, M., Jahrbuch der Naturwissenschaften 1896—1897. Mit 49 in den Text gedruckten Abbildungen, 2 Karten und einem Separatbild: Die totale Sonnenfinsternis vom 8.—9. August 1896. Freiburg i. B., Herdersche Verlagsbuchhandlung, 1897.

Wülfing, E. A., Die Meteoriten in Sammlungen und ihre Litteratur, nebst einem Versuch, den Tauschwert der Meteoriten zu bestimmen. Tübingen, H. Lauppsche Buchhandlung, 1897.

Zenker, W., Der thermische Aufbau der Klimate aus den Wärmewirkungen der Sonnenstrahlung und des Erdinnern. Hierzu 5 Karten No. I—V. (Nova Acta d. Ksl. Leop.-Carol. Deutsch. Akademie d. Naturforscher. Bd. LXVII, No. 1.) Halle, 1895, Wilh. Engelmann, Leipzig.

Zenger, K. W., Die Meteorologie der Sonne und das Wetter im Jahre 1887, zugleich Wetterprognose für das Jahr 1897. Mit einer Tafel mit 5 Heliogravüren. Prag, Rivnac, 1897.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.